

JORGE FERREIRA KUSDRA

**NODULAÇÃO DO FEIJOEIRO E FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO  
NITROGÊNIO EM RESPOSTA À MICROBIOLIZAÇÃO DAS  
SEMENTES E À APLICAÇÃO DE MICRONUTRIENTES**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Ronzelli Júnior

CURITIBA

2002



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANITARISMO  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
PRODUÇÃO VEGETAL

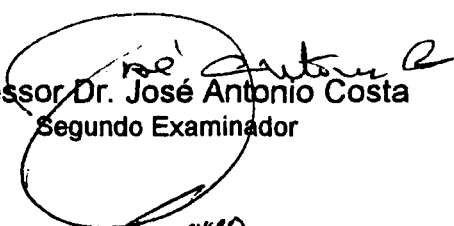
**PARECER**


Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de DOUTORADO, apresentada pelo candidato **JORGE FERREIRA KUSDRA**, sob o título **"NODULAÇÃO DO FEIJOEIRO E FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO EM RESPOSTA À MICROBIOLIZAÇÃO DAS SEMENTES E À APLICAÇÃO DE MICRONUTRIENTES"**, para obtenção do grau de Doutor em Ciências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.


Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato são de parecer pela **"APROVAÇÃO"** da Tese.

Curitiba, 28 de Novembro de 2002.

  
Dr. Eduardo Antonio Bulisani  
Primeiro Examinador

  
Professor Dr. José Antonio Costa  
Segundo Examinador

  
Dra. Teresa Jacoba Cesare Vidaurre  
Terceira Examinadora

  
Professor Dr. Jair Alves Dionísio  
Quarto Examinador

  
Professor Dr. Pedro Ronzelli Júnior  
Presidente da Banca e Orientador

## OFEREÇO

À minha esposa

**Eliana da Silva Souza Kusdra**

Pelos nossos quase 15 anos de casamento

Convividos com muito amor, felicidade e dedicação

## DEDICO

À minha filha

**Raissa Souza Kusdra**

Para quem peço desculpas

Pelos muitos momentos de minha ausência como pai

Pois durante a realização deste trabalho não tive tempo suficiente para dar-lhe a atenção necessária

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e aos meus pais, Inácio Kusdra e Jacira Ferreira Kusdra, responsáveis pela minha existência.

Ao Professor Pedro Ronzelli Júnior que teve participação fundamental no desenvolvimento da pesquisa e elaboração da tese, intervindo com precisão sempre que necessário no sentido da melhoria da qualidade do trabalho. Além de eficiente orientador é também uma pessoa especial com quem tive a grata satisfação de conviver durante o decorrer do Curso de Doutorado. Nesse período tivemos não apenas uma boa relação profissional mas, principalmente, construímos uma grande e sólida amizade.

Ao Professor Jair Alves Dionísio, que muito mais que meu co-orientador no Curso de Doutorado é um grande amigo que, por sorte do destino, encontrei em meu caminho desde a época em que orientou-me no Curso de Mestrado.

À Universidade Federal do Acre que liberou-me temporariamente das atividades para que pudesse dar continuidade a formação acadêmica.

À Universidade Federal do Paraná, em particular ao Curso de Pós-Graduação Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, pela oportunidade.

À CAPES/PICDT pelo apoio financeiro concedido na forma de bolsa de estudo.

Aos professores que me ministraram disciplinas durante o Curso de Doutorado, pelas informações recebidas.

Ao Professor Henrique Soares Koehler pelas sugestões apresentadas para a análise estatística dos dados dos experimentos.

À Dra. Teresa Jacoba Cesare Vidaurre por ter viabilizado o uso do *Bacillus subtilis* nesta pesquisa.

Ao Professor Mauro Ribeiro, da Universidade Federal do Acre, que prontificou-se em assumir minhas disciplinas no Curso de Graduação em Agronomia durante o tempo que fiquei afastado das atividades acadêmicas na Instituição.

Aos membros da banca examinadora de pré-defesa e defesa de tese pela análise crítica deste trabalho, bem como pelas sugestões apresentadas como contribuição para melhoria de sua qualidade.

À minha irmã, Simone Ferreira Kusdra, e seu marido, Erivaldo Ribeiro, que cederam sua casa em Curitiba na qual eu e minha família residimos durante a realização do Curso de Doutorado.

À meu irmão Germano do Rosário Ferreira Kusdra e sua esposa Jane Modesto Kusdra, pelo apoio e incentivo recebidos.

À minha avó Júlia Alves Ferreira e minha tia Nadir do Carmo Torno que tem uma grande parcela de contribuição na minha educação e formação acadêmica.

Aos amigos Sixto Hugo Rabery-Cáceres, Shizuo Maeda, Ionete Hasse e Vanderlei Tiene que, além da grande amizade, sempre estiveram dispostos a ajudar no que fosse possível.

A meus amigos no Estado do Acre Eni Ferreira de Oliveira, Íris de Oliveira Machado, Joel Ferreira do Nascimento, Janete Souza do Nascimento, Eliene da Silva Souza, Ênio de Oliveira Machado, Elisângela Christina de Oliveira, Felner e Socorro Thaumaturgo pelo apoio e incentivo que sempre prestaram.

A todos as pessoas que, embora não citadas, contribuíram de forma direta ou indireta, para que fosse possível o desenvolvimento desta pesquisa, a elaboração desta tese e a conclusão deste Curso de Doutorado.



“O papel dos infinitamente pequenos  
é infinitamente grande”

*Louis Pasteur*

## BIOGRAFIA DO AUTOR

JORGE FERREIRA KUSDRA, filho de Inácio Kusdra (“in memorian”) e Jacira Ferreira Kusdra, nasceu no Município de Piraí do Sul, Estado do Paraná, em 26 de janeiro de 1965. É casado com Eliana da Silva Souza Kusdra, com quem tem uma filha, Raissa Souza Kusdra.

Cursou a maior parte do ensino de primeiro grau em Curitiba, PR e, o segundo grau, no Colégio Estadual Augusto Ribas, em Ponta Grossa, PR, onde recebeu o título de Técnico em Agropecuária. Concluiu dois cursos superiores, ambos na Universidade Federal do Acre, em Rio Branco, Estado do Acre. O primeiro foi o Curso de Engenharia Agrônômica, em 1988 e, o segundo, o Curso de Matemática, em 1990. Em 1996 iniciou o Curso de Mestrado em Ciência do Solo, no Departamento de Solos vinculado ao Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, PR, obtendo, em 1998, o grau de Mestre em Agronomia.

Após a conclusão dos Cursos de Engenharia Agrônômica e Matemática trabalhou no Estado do Acre como Engenheiro Agrônomo e como Professor de Matemática. Em 1993, por meio de concurso público, ingressou na Universidade Federal do Acre, como professor de Ensino Superior fazendo, desde então, parte do Quadro de Professores do Departamento de Ciências Agrárias, onde trabalha na Área de Biologia e Microbiologia do Solo. Em março de 1999 iniciou o Curso de Doutorado em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, vinculado ao Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, PR.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE QUADROS</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE ANEXOS</b>	<b>xviii</b>
<b>LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS</b>	<b>xxiv</b>
<b>RESUMO</b>	<b>xxv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xxvi</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>3</b>
2.1 NITROGÊNIO E FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO (FBN)	3
2.2 FBN PELA SIMBIOSE RIZÓBIO - LEGUMINOSAS	5
2.2.1 Simbiose <i>Rhizobium</i> -feijoeiro	8
2.2.1.1 Macrossimbionte (planta hospedeira: feijoeiro)	8
2.2.1.2 Microssimbionte (bactéria: rizóbio)	9
2.2.1.3 Resposta do feijoeiro ao inoculante rizobiano e problemas da FBN na cultura	10
2.2.2 Variabilidade na resposta da simbiose entre espécies de rizóbio e de leguminosas	13
2.3 RIZOBACTÉRIAS PROMOTORAS DO CRESCIMENTO DE PLANTAS (RPCPs)	15
2.4 RESPOSTAS DE LEGUMINOSAS À CO-INOCULAÇÃO DE RIZOBACTÉRIAS	17

<b>2.5</b>	<b>MICRONUTRIENTES</b>	<b>18</b>
2.5.1	Aspectos gerais	18
2.5.2	Molibdênio	18
2.5.3	Cobalto	20
2.5.4	Respostas de leguminosas ao tratamento das sementes com molibdênio e cobalto	21
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>27</b>
4.1	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	27
4.1.1	Experimento 1	27
4.1.2	Experimento 2	36
4.1.3	Experimento 3	49
4.1.4	Experimento 4	59
4.2	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS	61
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>72</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>73</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>76</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>85</b>

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	Características diferenciais entre as culturas do feijoeiro e da soja em aspectos relacionadas à inoculação das sementes, à nodulação e à resposta ao processo de FBN pela simbiose com o rizóbio .....	14
----------	---	----

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Análise de variância do Experimento 1 (feijoeiro, variedade FT Bionobre), Curitiba, PR, 2001 .....	35
TABELA 2	Análise de variância do Experimento 2 (feijoeiro, variedade FT Bonito), Curitiba, PR, 2001 .....	48
TABELA 3	Análise de variância do Experimento 3 (feijoeiro, variedade FT Bionobre), Curitiba, PR, 2001 .....	58
TABELA 4	Análise de variância do Experimento 4 (feijoeiro, variedade FT Bonito), Curitiba, PR, 2001 .....	60
TABELA 5	Médias gerais das variáveis relacionadas à nodulação avaliadas nos Experimentos 1 (feijoeiro, variedade FT Bionobre) e 2 (feijoeiro, variedade FT Bonito) considerando 64 vasos cada um desses com duas plantas, Curitiba, PR, 2001 .....	64

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt), do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) e do molibdênio (Mo) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 8 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Rt dentro da interação Bs x Mo e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 1)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,678)] (análise de variância geral na Tabela 1) .....	27
----------	--	----

FIGURA 2	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt), do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) e do molibdênio (Mo) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 8 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Bs dentro da interação Rt x Mo e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 2)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,678)] (análise de variância geral na Tabela 1)	28
FIGURA 3	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt), do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) e do molibdênio (Mo) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 8 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Bs e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 3)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,678)] (análise de variância geral na Tabela 1)	28
FIGURA 4	Influência do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca da raiz do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,139)] (análise de variância na Tabela 1)	29
FIGURA 5	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca dos nódulos do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,087)] (análise de variância na Tabela 1)	29
FIGURA 6	Influência do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca total do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,954)] (análise de variância na Tabela 1)	30
FIGURA 7	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número total de nódulos do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 154,12)] (análise de variância na Tabela 1)	30
FIGURA 8	Influência do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número total de nódulos do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Mo dentro do Co e destacando a comparação de médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 4)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 217,96)] (análise de variância geral na Tabela 1)	31

FIGURA 9	Influência do molibdênio (Mo) e cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número total de nódulos do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Co dentro do Mo e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 5)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 217,96)] (análise de variância geral na Tabela 1) .....	31
FIGURA 10	Influência do molibdênio (Mo) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o nitrogênio total da massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 22,37)] (análise de variância na Tabela 1) .....	32
FIGURA 11	Influência do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de nódulos grandes do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 11,70)] (análise de variância na Tabela 1) .....	32
FIGURA 12	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de nódulos médios do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 8 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 7)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 69,81)] (análise de variância geral na Tabela 1) .....	33
FIGURA 13	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de nódulos médios do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 8 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Co dentro da interação Rt x Mo e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 8)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 69,81)] (análise de variância geral na Tabela 1) .....	33
FIGURA 14	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) e do molibdênio (Mo) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de nódulos pequenos do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Rt dentro do Mo e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 9)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 194,49)] (análise de variância geral na Tabela 1) .....	34

FIGURA 15	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) e do molibdênio (Mo) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de nódulos pequenos do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Mo dentro do Rt e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 10)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 194,49)] (análise de variância geral na Tabela 1) .....	34
FIGURA 16	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) e do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Rt dentro do Bs e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 11)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,376)] (análise de variância geral na Tabela 2) .....	36
FIGURA 17	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) e do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Bs dentro do Rt e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 12)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,376)] (análise de variância geral na Tabela 2) .....	36
FIGURA 18	Influência do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Bs dentro do Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 13)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,376)] (análise de variância geral na Tabela 2) .....	37
FIGURA 19	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) e do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca da raiz do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Rt dentro do Bs e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 15)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,247)] (análise de variância geral na Tabela 2) .....	37



FIGURA 20	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) e do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca da raiz do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Bs dentro do Rt e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 16)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,247)] (análise de variância geral na Tabela 2) .....	38
FIGURA 21	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca da raiz do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 8 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Rt dentro da interação Mo x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 17)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,350)] (análise de variância geral na Tabela 2) .....	38
FIGURA 22	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca da raiz do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 8 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Co dentro da interação Rt x Mo e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 19)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,350)] (análise de variância geral na Tabela 2) .....	39
FIGURA 23	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt), do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) e do molibdênio (Mo) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca dos nódulos do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 8 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Bs e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 22)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade] [d.m.s. (dados transformados em $e^x$ com $e \cong 2,71828$ ) = 0,216)] (análise de variância geral na Tabela 2) .....	39
FIGURA 24	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) e do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca total do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Rt dentro do Bs e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 23)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,578)] (análise de variância geral na Tabela 2) .....	40

FIGURA 25	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) e do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca total do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Bs dentro do Rt e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 24)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,578)] (análise de variância geral na Tabela 2) .....	40
FIGURA 26	Influência do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número total de nódulos do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 135,50)] (análise de variância na Tabela 2) .....	41
FIGURA 27	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt), do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca média unitária dos nódulos do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 8 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Rt dentro da interação Bs x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 25)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,078)] (análise de variância geral na Tabela 2) .....	41
FIGURA 28	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt), do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca média unitária dos nódulos do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 8 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Bs dentro da interação Rt x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 26)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,078)] (análise de variância geral na Tabela 2) .....	42
FIGURA 29	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt), do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca média unitária dos nódulos do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 8 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Co dentro da interação Rt x Bs e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 27)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,078)] (análise de variância geral na Tabela 2) .....	42

FIGURA 30	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) e do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o nitrogênio total da massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Bs dentro do Rt e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 29)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 32,47)] (análise de variância geral na Tabela 2) .....	43
FIGURA 31	Influência do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de nódulos grandes do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Co dentro do Bs e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 31)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade] [d.m.s. (dados transformados em $\sqrt{X}$ ) = 1,09] (análise de variância geral na Tabela 2) .....	43
FIGURA 32	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt), do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de nódulos pequenos do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 4 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Rt dentro da interação Bs x Mo x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 32)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 358,83)] (análise de variância geral na Tabela 2) .....	44
FIGURA 33	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt), do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de nódulos pequenos do feijoeiro, variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 4 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Bs dentro da interação Rt x Mo x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 33)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 358,83)] (análise de variância geral na Tabela 2) .....	45
FIGURA 34	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt), do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de nódulos pequenos do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 4 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Bs x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 34)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 358,83)] (análise de variância geral na Tabela 2) .....	46

FIGURA 35	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt), do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de nódulos pequenos do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 4 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Co dentro da interação Rt x Bs x Mo e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 35)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 358,83)] (análise de variância geral na Tabela 2) .....	47
FIGURA 36	Influência do molibdênio (Mo) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de vagens do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,36)] (análise de variância na Tabela 3) .....	49
FIGURA 37	Influência do molibdênio (Mo) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de grãos do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 9,26)] (análise de variância na Tabela 3) .....	49
FIGURA 38	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt), do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de grãos por vagem do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 4 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Rt dentro da interação Bs x Mo x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 36)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,61)] (análise de variância geral na Tabela 3) .....	50
FIGURA 39	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt), do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de grãos por vagem do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 4 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Bs dentro da interação Rt x Mo x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 37)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,61)] (análise de variância geral na Tabela 3) .....	51
FIGURA 40	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt), do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de grãos por vagem do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 4 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Bs x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 38)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,61)] (análise de variância geral na Tabela 3) .....	52

FIGURA 41	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt), do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de grãos por vagem do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 4 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Co dentro da interação Rt x Bs x Mo e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 39)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,61)] (análise de variância geral na Tabela 3) .....	53
FIGURA 42	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt), do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa de 100 grãos do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 4 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Rt dentro da interação Bs x Mo x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 40)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,758)] (análise de variância geral na Tabela 3) .....	54
FIGURA 43	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt), do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa de 100 grãos do feijoeiro, variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 4 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Bs x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 42)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,758)] (análise de variância geral na Tabela 3) .....	55
FIGURA 44	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt), do <i>Bacillus subtilis</i> (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa de 100 grãos do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 4 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Co dentro da interação Rt x Bs x Mo e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 43)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,758)] (análise de variância geral na Tabela 3) .....	56
FIGURA 45	Influência do molibdênio (Mo) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa de grãos do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 2,010)] (análise de variância na Tabela 3) .....	57
FIGURA 46	Influência do molibdênio (Mo) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o rendimento teórico do feijoeiro da variedade FT Bionobre, estimado a partir de duas plantas por vaso e considerando uma população de 250.000 plantas.ha <sup>-1</sup> , Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 251,27)] (análise de variância na Tabela 3) .....	57

FIGURA 47	Influência do <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa de 100 grãos do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,769)] (análise de variância na Tabela 4)	59
FIGURA 48	Influência do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa de 100 grãos do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,769)] (análise de variância na Tabela 4)	59

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1	Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 1) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x molibdênio (Mo) e destacando o efeito do Rt dentro da interação Bs x Mo (Experimento 1, Curitiba, PR, 2001) .....	86
ANEXO 2	Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 1) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x molibdênio (Mo) e destacando o efeito do Bs dentro da interação Rt x Mo (Experimento 1, Curitiba, PR, 2001) .....	87
ANEXO 3	Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 1) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x molibdênio (Mo) e destacando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Bs (Experimento 1, Curitiba, PR, 2001) .....	88
ANEXO 4	Desdobramento da análise de variância da variável número total de nódulos do feijoeiro, variedade, FT Bionobre, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 1) molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Mo dentro do Co (Experimento 1, Curitiba, PR, 2001) .....	89
ANEXO 5	Desdobramento da análise de variância da variável número total de nódulos do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 1) molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Co dentro do Mo (Experimento 1, Curitiba, PR, 2001) .....	90

ANEXO 6	Desdobramento da análise de variância da variável número de nódulos médios do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 1) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Rt dentro da interação Mo x Co (Experimento 1, Curitiba, PR, 2001) .....	91
ANEXO 7	Desdobramento da análise de variância da variável número de nódulos médios do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 1) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Co (Experimento 1, Curitiba, PR, 2001) .....	92
ANEXO 8	Desdobramento da análise de variância da variável número de nódulos médios do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 1) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Co dentro da interação Rt x Mo (Experimento 1, Curitiba, PR, 2001) .....	93
ANEXO 9	Desdobramento da análise de variância da variável número de nódulos pequenos do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 1) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x molibdênio (Mo) e destacando o efeito do Rt dentro do Mo (Experimento 1, Curitiba, PR, 2001) .....	94
ANEXO 10	Desdobramento da análise de variância da variável número de nódulos pequenos do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 1) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x molibdênio (Mo) e destacando o efeito do Mo dentro do Rt (Experimento 1, Curitiba, PR, 2001) .....	95
ANEXO 11	Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,01$ - Tabela 2) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) e destacando o efeito do Rt dentro do Bs (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	96
ANEXO 12	Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,01$ - Tabela 2) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) e destacando o efeito do Bs dentro do Rt (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	97
ANEXO 13	Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 2) <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Bs dentro do Co (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	98
ANEXO 14	Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 2) <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Co dentro do Bs (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	99

ANEXO 15	Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da raiz do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 2) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) e destacando o efeito do Rt dentro do Bs (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	100
ANEXO 16	Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da raiz do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 2) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) e destacando o efeito do Bs dentro do Rt (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	101
ANEXO 17	Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da raiz do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 2) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Rt dentro da interação Mo x Co (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	102
ANEXO 18	Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da raiz do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 2) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Co (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	103
ANEXO 19	Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da raiz do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 2) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Co dentro da interação Rt x Mo (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	104
ANEXO 20	Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca dos nódulos do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 2) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x molibdênio (Mo) e destacando o efeito do Rt dentro da interação Bs x Mo [dados transformados em $e^x$ ( $e \cong 2,71828$ )] (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	105
ANEXO 21	Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca dos nódulos do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 2) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x molibdênio (Mo) e destacando o efeito do Bs dentro da interação Rt x Mo [dados transformados em $e^x$ ( $e \cong 2,71828$ )] (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	106
ANEXO 22	Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca dos nódulos do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 2) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x molibdênio (Mo) e destacando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Bs [dados transformados em $e^x$ ( $e \cong 2,71828$ )] (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	107



ANEXO 23	Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca total do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,01$ - Tabela 2) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) e destacando o efeito do Rt dentro do Bs (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	108
ANEXO 24	Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca total do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,01$ - Tabela 2) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) e destacando o efeito do Bs dentro do Rt (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	109
ANEXO 25	Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca média unitária dos nódulos do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 2) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Rt dentro da interação Bs x Co (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	110
ANEXO 26	Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca média unitária dos nódulos do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 2) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Bs dentro da interação Rt x Co (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	111
ANEXO 27	Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca média unitária dos nódulos do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 2) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Co dentro da interação Rt x Bs (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	112
ANEXO 28	Desdobramento da análise de variância da variável nitrogênio total da massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 2) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) e destacando o efeito do Rt dentro do Bs (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	113
ANEXO 29	Desdobramento da análise de variância da variável nitrogênio total da massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 2) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) e destacando o efeito do Bs dentro do Rt (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	114
ANEXO 30	Desdobramento da análise de variância da variável número de nódulos grandes do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 2) <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Bs dentro do Co (dados transformados em $\sqrt{X}$ ) (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	115

ANEXO 31	Desdobramento da análise de variância da variável número de nódulos grandes do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 2) <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Co dentro do Bs (dados transformados em $\sqrt{X}$ ) (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	116
ANEXO 32	Desdobramento da análise de variância da variável número de nódulos pequenos do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 2) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Rt dentro da interação Bs x Mo x Co (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	117
ANEXO 33	Desdobramento da análise de variância da variável número de nódulos pequenos do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 2) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Bs dentro da interação Rt x Mo x Co (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	118
ANEXO 34	Desdobramento da análise de variância da variável número de nódulos pequenos no feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 2) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Bs x Co (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	119
ANEXO 35	Desdobramento da análise de variância da variável número de nódulos pequenos do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 2) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Co dentro da interação Rt x Bs x Mo (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001) .....	120
ANEXO 36	Desdobramento da análise de variância da variável número de grãos por vagem do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 3) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Rt dentro da interação Bs x Mo x Co (Experimento 3, Curitiba, PR, 2001) .....	121
ANEXO 37	Desdobramento da análise de variância da variável número de grãos por vagem do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 3) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Bs dentro da interação Rt x Mo x Co (Experimento 3, Curitiba, PR, 2001) .....	122
ANEXO 38	Desdobramento da análise de variância da variável número de grãos por vagem do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 3) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Bs x Co (Experimento 3, Curitiba, PR, 2001) .....	123

ANEXO 39	Desdobramento da análise de variância da variável número de grãos por vagem do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 3) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Co dentro da interação Rt x Bs x Mo (Experimento 3, Curitiba, PR, 2001) .....	124
ANEXO 40	Desdobramento da análise de variância da variável massa de 100 grãos do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 3) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Rt dentro da interação Bs x Mo x Co (Experimento 3, Curitiba, PR, 2001) .....	125
ANEXO 41	Desdobramento da análise de variância da variável massa de 100 grãos do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 3) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Bs dentro da interação Rt x Mo x Co (Experimento 3, Curitiba, PR, 2001) .....	126
ANEXO 42	Desdobramento da análise de variância da variável massa de 100 grãos do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 3) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) destacando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Bs x Co (Experimento 3, Curitiba, PR, 2001) .....	127
ANEXO 43	Desdobramento da análise de variância da variável massa de 100 grãos do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F: $p < 0,05$ - Tabela 3) <i>Rhizobium tropici</i> (Rt) x <i>Bacillus subtilis</i> (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Co dentro da interação Rt x Bs x Mo (Experimento 3, Curitiba, PR, 2001) .....	128

## LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

FBN	-	Fixação Biológica do Nitrogênio
N	-	Nitrogênio
Mo	-	Molibdênio
Co	-	Cobalto
Rt	-	<i>Rhizobium tropici</i>
Bs	-	<i>Bacillus subtilis</i>
MMSPA	-	Massa da Matéria Seca da Parte Aérea
MMSR	-	Massa da Matéria Seca da Raiz
MMSN	-	Massa da Matéria Seca dos Nódulos
MMSP	-	Massa da Matéria Seca da Planta (= Massa da Matéria Seca Total)
NTN	-	Número Total de Nódulos
MMSMUN	-	Massa da Matéria Seca Média Unitária dos Nódulos
NTMMSPA	-	Nitrogênio Total da Massa da Matéria Seca da Parte Aérea
NNG	-	Número de Nódulos Grandes
NNM	-	Número de Nódulos Médios
NNP	-	Número de Nódulos Pequenos
NV	-	Número de Vagens
NG	-	Número de Grãos
NG/V	-	Número de Grãos por Vagem
MG	-	Massa de Grãos
M100G	-	Massa de 100 Grãos
RT	-	Rendimento Teórico
RPCPs	-	Rizobactérias Promotoras do Crescimento de Plantas
RDs	-	Rizobactérias Deletérias
UFC	-	Unidades Formadoras de Colônia
CV	-	Coefficiente de Variação
d.m.s.	-	Diferença Mínima Significativa
dt	-	Dentro

## NODULAÇÃO DO FEIJOEIRO E FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO EM RESPOSTA À MICROBIOLIZAÇÃO DAS SEMENTES E À APLICAÇÃO DE MICRONUTRIENTES

### RESUMO

Utilizando-se como planta-teste o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) das variedades FT Bionobre e FT Bonito foram realizados no ano de 2001 quatro experimentos na casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, PR, com o objetivo de avaliar os efeitos isolados e combinados do *Rhizobium tropici*, do *Bacillus subtilis*, do molibdênio e do cobalto, adicionados via semente, na nodulação radicular e fixação biológica do nitrogênio, no crescimento das plantas e na produção de grãos. Os experimentos, dois para cada variedade, foram instalados da mesma forma, utilizando o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2<sup>4</sup>, considerando como fatores o *Rhizobium tropici*, o *Bacillus subtilis*, o molibdênio e o cobalto, todos em dois níveis, ausência e presença, obtendo-se 16 tratamentos que, com quatro repetições, totalizaram 64 unidades experimentais. Dois experimentos, um de cada variedade, foram avaliados no estágio R<sub>6</sub>, considerando variáveis indicadoras de crescimento das plantas e de nodulação e fixação biológica do nitrogênio e, dois experimentos, também um de cada variedade, foram avaliados no final do estágio R<sub>9</sub>, considerando variáveis indicadoras de produção e rendimento de grãos. Os resultados dos experimentos mostraram que o *Rhizobium tropici* não foi capaz de aumentar a massa nodular, o tamanho dos nódulos e a quantidade de nitrogênio total na parte aérea das plantas de qualquer variedade. O *Bacillus subtilis* não interferiu na nodulação e na produção de grãos das variedades contribuindo, no entanto, para o aumento do crescimento das plantas da variedade FT Bionobre. O molibdênio aumentou a quantidade de nitrogênio total na parte aérea das plantas da variedade FT Bionobre assim como o número de vagens e de grãos e a massa de grãos apresentando ainda potencial para aumentar o rendimento da cultura. O cobalto teve maior influência na variedade FT Bonito onde reduziu o número total de nódulos e aumentou a massa de 100 grãos. Não verificou-se, em ambas as variedades, qualquer combinação entre o *Rhizobium tropici*, o *Bacillus subtilis*, o molibdênio e o cobalto adicionados nas sementes que resultasse em melhoria de nodulação ou aumento da produção de grãos.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, *Rhizobium tropici*, *Bacillus subtilis*, molibdênio, cobalto, fixação biológica do nitrogênio

## BEAN NODULATION AND BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION IN RESPONSE TO SEED MICROBIOLIZATION AND APPLICATION OF MICRONUTRIENTS

### ABSTRACT

During 2001, four experiments were carried out at Crop Science Department's greenhouse of the Federal University of Parana, in Curitiba, PR, using bean (*Phaseolus vulgaris* L.), varieties FT Bionobre and FT Bonito. The objective was to evaluate the isolated and combined effects of *Rhizobium tropici*, *Bacillus subtilis*, molybdenum, and cobalt, added through the seed, on the root nodulation and biological nitrogen fixation, plant growth and on the grain production. The experiments, two for each variety, were installed in the same way, using a complete randomized design in a 2<sup>4</sup> factorial arrangement, considering as factors the *Rhizobium tropici*, *Bacillus subtilis*, molybdenum and cobalt, all in two levels, absence and presence, with 16 treatments, four replications and 64 experimental units. Two experiments were evaluated in the R<sub>6</sub> development stage, considering indicative variables of the plant growth and of the nodulation and biological nitrogen fixation. The other two experiments were evaluated in the end of the R<sub>6</sub> development stage, considering indicative variables of the production and grain yield. The experimental results showed that the *Rhizobium tropici* was not able to increase nodular weight and size as well as total nitrogen content in the aerial part, regardless variety. The *Bacillus subtilis* didn't influence in the nodulation and grain production for both varieties contributing, however, for the increase of the plant growth of the FT Bionobre variety. The molybdenum enhanced the total nitrogen content in the aerial part, pods and grains number, as well as grain weight for FT Bionobre variety, suggesting a potential for increasing crop yield. The cobalt had greater influence in FT Bonito variety where it reduced the total nodules number and increased 100-grain weight. It was not verified, in both varieties, any combination among *Rhizobium tropici*, *Bacillus subtilis*, molybdenum, and cobalt added through the seeds that resulted in improved nodulation or increase in grain production.

**Key-words:** *Phaseolus vulgaris*, *Rhizobium tropici*, *Bacillus subtilis*, molybdenum, cobalt, biological nitrogen fixation

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) constitui-se em alimento básico para a maioria da população brasileira para a qual representa uma de suas principais fontes de proteínas, carboidratos e ferro. Além disso possui também alto significado social por seu cultivo estar geralmente associado ao pequeno produtor, que utiliza grande parte da produção para subsistência de sua família.

Embora o feijão represente grande importância social e nutricional o rendimento médio nacional de 661 kg.ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2000) é extremamente baixo para uma cultura cujo potencial em nossas condições é de 3.000 a 3.500 kg.ha<sup>-1</sup> (Vieira, 1992). O baixo rendimento médio brasileiro reflete a condição econômica da maioria dos produtores que não dispõem de recursos suficientes para investir em insumos e avanços tecnológicos e que, freqüentemente, cultivam o feijoeiro em consórcio com outras culturas.

Sendo uma cultura de ciclo curto, entre os fatores que limitam a obtenção de maiores rendimentos está a exigência de quantidades relativamente altas de nutrientes, especialmente o nitrogênio, em um período de tempo relativamente pequeno. Como grande parte dos solos brasileiros apresentam baixa disponibilidade nutricional é necessário suprir essa demanda com a utilização de fertilizantes químicos. Entretanto o nitrogênio, nutriente fundamental ao crescimento e produção das plantas, é um dos elementos de maior custo ao produtor. Além de onerosa, a adição de nitrogênio na forma de fertilizante é considerada pouco eficiente em decorrência de aproveitamento muitas vezes inferior a 50% do total aplicado ao solo. O nitrogênio não utilizado pela cultura pode ainda vir a causar desequilíbrios ecológicos como poluição e contaminação de recursos hídricos. Portanto a utilização de fertilizantes nitrogenados na cultura pode representar alto custo econômico e ambiental.

Fabáceas (leguminosas) como o feijoeiro, pela capacidade de interação simbiótica mutualista com bactérias da família *Rhizobiaceae*, genericamente conhecidas como rizóbios, além do nitrogênio proveniente da mineralização da matéria orgânica e dos fertilizantes nitrogenados, podem também beneficiar-se do fornecimento desse nutriente pelo processo de fixação biológica do nitrogênio (FBN) que ocorre nos nódulos radiculares. Embora o estabelecimento da simbiose possa ocorrer naturalmente em razão da presença, na maioria dos solos, de rizóbios nativos e naturalizados, capazes de promover a formação de nódulos nas raízes, a fixação de nitrogênio nessa situação é, de modo geral, caracterizada pela baixa eficiência. Nesse caso a introdução, via sementes, de estirpes de rizóbios de maior eficiência fixadora, pode constituir-se em técnica capaz de aumentar a contribuição da FBN para a cultura.

Embora a FBN possa suprir grande parte das necessidades em nitrogênio das leguminosas existe grande variabilidade na resposta da simbiose entre espécies distintas de leguminosa e de rizóbio. As simbioses do feijoeiro e da soja com rizóbios pertencentes, respectivamente, aos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, constituem um exemplo típico desse fato. Enquanto na cultura da soja a inoculação das sementes com rizóbios eficientes pode representar sua auto-suficiência em nitrogênio, no feijoeiro, ao contrário, os resultados dessa prática, de modo geral, não satisfazem as expectativas, gerando descrédito generalizado quanto a capacidade do inoculante em substituir total ou parcialmente a adubação nitrogenada. Provavelmente por essa razão o uso de inoculantes no Brasil seja restrito, quase que exclusivamente, à cultura da soja que consome cerca de 99% (Hungria e Campo, 2000; Chueire *et al.*, 2000) do total comercializado no país.

Um dos principais problemas à obtenção de melhor resposta do feijoeiro ao rizóbio do inoculante têm sido a ocorrência natural, no solo, de elevadas populações de rizóbios altamente competitivos por sítios de infecção nodular que dificultam melhor desempenho simbiótico do rizóbio introduzido. Entretanto resultados de Araújo e Hungria (1999) com a soja indicam que a co-inoculação das sementes com rizóbio e *Bacillus subtilis* pode contribuir para aumentar a competitividade das estirpes de rizóbio introduzidas permitindo que essas tenham maior ocupação dos nódulos. Dessa forma, no caso do feijoeiro, a co-inoculação das sementes com *Rhizobium tropici* e *Bacillus subtilis* pode vir a ter efeito sinérgico e contribuir para ampliar as possibilidades de colonização radicular e de ocupação de sítios de infecção nodular pelo rizóbio introduzido. Essa prática poderia minimizar o problema da competitividade nodular entre os rizóbios presentes no solo e os introduzidos constituindo-se, assim, em alternativa capaz de aumentar o nível de resposta do feijoeiro ao inoculante rizobiano e permitir maior contribuição do processo de FBN para a cultura. Se a co-inoculação *Rhizobium tropici* - *Bacillus subtilis* for associada ao tratamento das sementes com molibdênio e cobalto os resultados podem ser ainda mais promissores pois esses elementos estão diretamente envolvidos no processo de fixação simbiótica do nitrogênio.

Utilizando-se como planta-teste o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) das variedades FT Bionobre e FT Bonito essa pesquisa teve como objetivo avaliar os efeitos isolados e combinados do *Rhizobium tropici*, do *Bacillus subtilis*, do molibdênio e do cobalto, adicionados via semente, na nodulação radicular e fixação biológica do nitrogênio, no crescimento das plantas e na produção de grãos.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 NITROGÊNIO E FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO (FBN)

O nitrogênio (N) constitui aproximadamente 79% da atmosfera terrestre onde ocorre na forma molecular diatômica ( $N_2$ ) utilizável apenas por determinadas espécies de microrganismos procarióticos que possuem capacidade de reduzi-lo para a forma de amônia ( $NH_3$ ), por meio do processo conhecido como fixação biológica do nitrogênio (FBN). Assim, embora a atmosfera seja um imenso reservatório natural de N, esta forma gasosa, extremamente estável, não é diretamente utilizável pelos seres vivos como fonte de proteína, exceto por algumas espécies microbianas que possuem a enzima nitrogenase capaz de catalisar a reação de fixação do N atmosférico. Portanto, apesar da enorme quantidade de N no planeta esse elemento representa um fator limitante para as plantas, que o requerem em grandes quantidades e não são capazes de fixá-lo diretamente do ar atmosférico (Siqueira e Franco, 1988; Siqueira, 1993; Hungria *et al.*, 1994; Hungria *et al.*, 1997).

A FBN é considerada como o segundo processo biológico mais importante do planeta. É uma reação bioquímica extraordinária considerando a grande quantidade de energia necessária para romper a tripla ligação covalente ( $N \equiv N$ ) entre os dois átomos de nitrogênio da molécula de  $N_2$ , uma das mais fortes que se tem conhecimento na natureza (Freire, 1975; Raij, 1991; Moreira e Siqueira, 2002).

A FBN tanto pode ser simbiótica (definida por associações mutualistas entre microrganismos fixadores e espécies vegetais) quanto assimbiótica (promovida por microrganismos fixadores de vida livre). Os microrganismos capazes de fixar o nitrogênio são chamados de diazotróficos. Na fixação simbiótica o nitrogênio é colocado imediatamente à disposição da planta hospedeira sob a forma de amônia que se combinará com os ácidos orgânicos provenientes da fotossíntese na formação dos aminoácidos. Na fixação assimbiótica o nitrogênio será transformado em formas orgânicas a nível celular para dar atendimento às necessidades metabólicas do microrganismo e só após sua morte o N orgânico existente na célula microbiana será mineralizado ficando disponível para as plantas (Vidor *et al.*, 1983).

Além da FBN o  $N_2$  atmosférico pode ser incorporado ao solo e aos sistemas vivos também por meio da fixação química, por processo natural (eletroquímico) ou

industrial (fertilizantes nitrogenados). No solo, o N existe predominantemente em formas orgânicas, em grande variedade de compostos ou radicais. Uma pequena parte do N total do solo encontra-se nas formas minerais de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ). O íon amônio, sendo um cátion, permanece no solo em forma trocável, adsorvido pelas cargas negativas do solo. Já o nitrato, por ter carga negativa, é repelido pela superfície das partículas do solo, permanecendo na solução, sendo assim muito móvel no solo e suscetível à lixiviação. O nitrito é um ânion, em geral de existência efêmera no solo, sendo rapidamente oxidado a nitrato. Entretanto, de modo geral, há somente duas fontes de N do solo disponíveis para as plantas. Uma delas é o N inorgânico, representado pelos teores de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) existentes no solo e ao alcance das raízes e a outra é a matéria orgânica que libera N inorgânico por mineralização (Raij, 1991).

Sendo o processo de FBN restrito apenas a determinados microrganismos que ocorrem livremente no solo ou em associação com algumas espécies vegetais, a quantidade de N no solo varia diretamente com o teor de matéria orgânica do mesmo. A disponibilidade de N para as plantas está, normalmente, na dependência direta da contínua decomposição da matéria orgânica ou da aplicação de adubos nitrogenados (Jorge, 1988; Araújo e Henson, 1988).

O nitrogênio é um nutriente exigido em grande quantidade para o crescimento das plantas sendo suas fontes fornecedoras decorrentes basicamente da decomposição da matéria orgânica, dos fertilizantes nitrogenados e do processo de fixação biológica. Esse elemento assume posição de destaque entre os nutrientes necessários para o desenvolvimento e produção normal das culturas por suas funções relevantes nos processos fisiológicos das plantas. Embora seja um dos elementos essenciais existentes em maior abundância na natureza é também o mais crítico em relação ao atendimento das necessidades das plantas (Vidor *et al.*, 1983; Jorge, 1988; Hungria, 1994).

O N no solo possui comportamento dinâmico estando sujeito a grande número de processos que resultam em transformações de formas orgânicas em inorgânicas e vice-versa e que podem resultar em ganhos ou perdas para o sistema como um todo (Raij, 1991). O N se perde do solo por um ou mais dos seguintes processos: remoção pelas colheitas, lixiviação, erosão e, na forma gasosa, pela volatilização da amônia e desnitrificação (Mello *et al.*, 1989). Por outro lado é novamente restituído basicamente de três formas: fixação do N atmosférico, adubação orgânica e adubação mineral (Jorge, 1988). O fornecimento, utilização e perdas do N formam um ciclo complexo denominado ciclo do nitrogênio (Hungria *et al.*, 1994).

No preparo industrial dos fertilizantes nitrogenados a redução de nitrogênio a amônia consome energia derivada de fontes não renováveis como o petróleo. Neste caso a reação química responsável por esse processo, denominado Haber-Bosch, exige

temperatura ( $> 400^{\circ}\text{C}$ ) e pressão ( $> 10^7$  Pascal) muito elevadas de modo a possibilitar o rompimento da tripla ligação covalente entre os dois átomos de nitrogênio. A nitrogenase, enzima responsável pela fixação biológica do nitrogênio, é capaz de promover a mesma reação à temperatura ambiente e pressão normal, utilizando energia na forma de ATP, produzido a partir da oxidação de substratos, provenientes de processos foto ou quimiossintéticos ou obtidos a partir de carboidratos, por respiração ou fermentação. Portanto no processo biológico a energia utilizada é o ATP, produzido especialmente a partir da energia solar, ou seja, uma fonte renovável, convertida em energia química (Neves e Rumjaneck, 1992; Moreira e Siqueira, 2002).

A capacidade de fixar o  $\text{N}_2$  atmosférico confere vantagens competitivas nos ambientes onde este elemento é limitante. Por ser resultado de complexas reações fisiológicas e bioquímicas, muitas vezes envolvendo espécies distintas, a FBN depende da expressão do potencial genético do microrganismo diazotrófico, do hospedeiro ou de ambos, no caso de sistemas simbióticos (Siqueira, 1993).

## 2.2 FBN PELA SIMBIOSE RIZÓBIO - LEGUMINOSAS

Embora o processo de FBN possa ser realizado por microrganismos de vida livre, de maior importância para a agricultura é a fixação simbiótica promovida, especialmente pelos rizóbios (denominação comum dada às bactérias da família *Rhizobiaceae*) que provocam a formação, nas raízes de leguminosas, de estruturas altamente diferenciadas e especializadas, denominadas nódulos radiculares, onde encontram um nicho perfeito com proteção contra efeitos ambientais e alimento na forma de fotossintatos fornecidos pela planta. Em troca, a bactéria fornece à planta a amônia proveniente da fixação do  $\text{N}_2$  (Raij, 1991).

O estabelecimento da simbiose das leguminosas com o rizóbio pode ocorrer naturalmente em razão da presença, na maioria dos solos, de rizóbios capazes de infectar as raízes e promover a nodulação. Entretanto, a fixação do nitrogênio nessa situação é normalmente caracterizada pela ineficiência, sendo necessário introduzir rizóbios de maior eficiência fixadora mediante o uso de inoculantes biológicos. Os inoculantes são culturas vivas e concentradas de rizóbios selecionados pela alta capacidade fixadora de nitrogênio (eficiência). O rizóbio contido no inoculante deve ser próprio para nodular a leguminosa a que se destina (especificidade) e a inoculação deve proporcionar elevado número de células nas sementes de forma que essas bactérias possam multiplicar-se na rizosfera e induzir nodulação (infectividade) nas raízes das plantas no início de seu desenvolvimento (Moreno, 1983). Portanto a inoculação das sementes é a forma de se

promover o contato dos rizóbios presentes no inoculante, selecionados pela alta eficiência fixadora de N, com as raízes emergentes das plântulas, de forma que tenham acesso aos sítios de infecção para a formação dos nódulos (Araujo, 1994).

No conceito original simbiose significa vida conjunta de dois organismos dissimilares sem levar em consideração a natureza da relação, isto é, se parasítica ou mutualista. A simbiose do rizóbio com leguminosas é geralmente subentendida como sendo mutualista. Na verdade a simbiose do rizóbio pode ser mutualista ou parasítica. A formação de nódulos eficientes caracteriza a simbiose mutualista enquanto que a formação de nódulos inefetivos caracteriza a simbiose parasítica. Entretanto mesmo na simbiose mutualista ocorre um estágio inicial parasítico transitório quando a bactéria ainda não está fixando e transferindo nitrogênio para a leguminosa mas está recebendo fotossintatos da planta (Moreira e Siqueira, 2002).

A FBN nas leguminosas consiste, essencialmente, de dois processos distintos e complementares: a nodulação e a fixação do nitrogênio propriamente dita. A nodulação é um processo complexo que se inicia logo após a germinação da semente com a presença do rizóbio no solo ou aderido à semente. Este processo têm como principais etapas a pré-infecção, infecção e desenvolvimento nodular e a ativação e funcionamento do nódulo. O nódulo é resultante da infecção primordial do rizóbio que se aloja no interior das células corticais do sistema radicular. Nessa condição intracelular a bactéria se assemelha a uma organela celular recebendo a denominação de bacteróide que é a forma diferenciada do rizóbio que fixa o nitrogênio (Cassini e Franco, 1998).

O tempo de aparecimento dos nódulos nas raízes e o início de atividade da nitrogenase é variável dependendo das espécies de leguminosas e de rizóbio. Após os estádios iniciais de infecção e formação dos nódulos ocorre o desenvolvimento das enzimas glutamina sintetase e glutamato sintase responsáveis pelas reações de assimilação do N fixado na forma de amônia (Siqueira, 1993; Hungria, 1994).

Como a enzima nitrogenase, responsável pela FBN, é muito sensível ao excesso de oxigênio, que pode destruí-la ou inativá-la irreversivelmente, cada organismo fixador desenvolveu uma estratégia diferente para livrar-se do excesso de oxigênio. Em sistemas mais especializados, como na simbiose rizóbio-leguminosas, induzindo o hospedeiro a produzir uma substância chamada leghemoglobina, presente nos nódulos das leguminosas, que representa uma forma de sistema tampão para o oxigênio (Neves e Rumjaneck, 1992). A leghemoglobina é um dos tipos de proteínas específicas, denominadas nodulinas, produzidas pelas células corticais da planta em resposta a infecção pelo rizóbio, que confere a cor avermelhada ao interior dos nódulos radiculares (Cassini e Franco, 1998).

A leghemoglobina é, portanto, uma proteína produzida pela simbiose cuja função constitui-se em mecanismo desenvolvido pela simbiose rizóbio-leguminosas de proteção da nitrogenase, pois transporta o oxigênio mantendo concentrações suficientes ao metabolismo aeróbio dos bacteróides e à síntese do ATP necessário à fixação, porém nunca prejudiciais a atividade da nitrogenase. Dessa forma os nódulos radiculares das leguminosas constituem-se em compartimentos altamente especializados onde os processos de fixação do nitrogênio e consumo de oxigênio foram fisiologicamente compatibilizados (Freire, 1975; Postgate, 1989; Neves e Rumjanek, 1992; Moreira e Siqueira, 2002).

A forma, tamanho, cor interna e distribuição dos nódulos no sistema radicular das plantas são indicadores da eficiência da simbiose na fixação do nitrogênio. Os nódulos considerados eficientes no processo de FBN são geralmente grandes, relativamente pouco numerosos, de superfície rugosa, distribuídos na raiz principal e secundárias de primeira ordem e apresentam a coloração interna rósea ou vermelha devido à presença da leghemoglobina em grande quantidade. Os nódulos considerados ineficientes são geralmente pequenos, numerosos, de superfície lisa, distribuídos por todo o sistema radicular e apresentam a coloração interna verde ou branca devido a ausência ou presença de pequena quantidade de leghemoglobina (FAO, 1985).

O desenvolvimento dos nódulos é promovido pela alta concentração de auxinas, citocininas e giberelinas. Após a floração da planta hospedeira os nódulos envelhecem e a leghemoglobina é degradada. Por último o bacteróide transforma-se em bactéria capaz de infectar uma nova planta hospedeira (Larcher, 2000).

Como o N frequentemente limita as produções das culturas, a simbiose rizóbio-leguminosas desempenha papel fundamental, não só suprimindo total ou parcialmente as necessidades das leguminosas hospedeiras nesse nutriente como, também, enriquecendo o solo com restos culturais destas plantas (Hungria e Campo, 2000). Em termos agrícolas a simbiose rizóbio-leguminosas significa menor necessidade de aplicação de nitrogênio (Skot e Araujo, 1994) o qual representa cerca de 75% dos custos dos fertilizantes (Döbereiner, 1986).

A importância da FBN para a economia nacional é evidenciada no caso da soja, que é cultivada usando, especialmente, o nitrogênio obtido da fixação simbiótica com o rizóbio (*Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii*) inoculado nas sementes (Siqueira e Franco, 1988). Entretanto, no caso do feijoeiro, ao contrário, há um descrédito generalizado quanto sua capacidade de obter nitrogênio suficiente para expressar seu potencial produtivo via fixação simbiótica, recomendando-se indistintamente o uso de fertilizantes nitrogenados para a cultura em prejuízo à utilização dos inoculantes rizobianos (Araujo, 1994).

## 2.2.1 Simbiose *Rhizobium*-feijoeiro

### 2.2.1.1 Macrossimbionte (planta hospedeira: feijoeiro)

Botanicamente o feijoeiro pertence à divisão *Angiospermae*, classe *Dicotyledoneae*, subclasse *Archichlamydae*, ordem *Rosales*, subordem *Leguminosineae*, família *Leguminosae* (*Fabaceae*), subfamília *Faboideae* (*Papilionoideae*), tribo *Phaseoleae*, subtribo *Phaseolineae*, gênero *Phaseolus* e espécie *Phaseolus vulgaris* L. (Debouck e Hidalgo, 1985; Vilhordo *et al.*, 1988).

É uma planta herbácea levemente pubescente, de hábito de crescimento determinado ou indeterminado (Vieira, 1983). Nos cultivares de hábito de crescimento determinado o crescimento vegetativo termina numa inflorescência e não são produzidos nós vegetativos após a floração enquanto que, nos de hábito de crescimento indeterminado, o crescimento vegetativo prossegue no talo principal após a floração (Mariot, 1989).

Baseado no hábito de crescimento, na produção de nós após a floração, distribuição de flores e vagens, grau e tipo de ramificação e no porte as variedades de feijoeiro são classificadas em quatro diferentes grupos: Tipo I - plantas de crescimento determinado ereto; Tipo II - plantas de crescimento indeterminado arbustivo; Tipo III - plantas de crescimento indeterminado prostrado e Tipo IV - plantas de crescimento indeterminado trepador (Dourado Neto e Fancelli, 2000).

O ciclo do feijoeiro é dividido em duas fases, cada uma com cinco estádios, sendo germinação ( $V_0$ ), emergência ( $V_1$ ), folhas primárias ( $V_2$ ), primeira folha trifoliolada ( $V_3$ ) e terceira folha trifoliolada ( $V_4$ ) estádios de desenvolvimento fenológico característicos da fase vegetativa (V) e, pré-floração ( $R_5$ ), floração ( $R_6$ ), formação de vagens ( $R_7$ ), enchimento de vagens ( $R_8$ ) e maturação fisiológica ( $R_9$ ) estádios de desenvolvimento fenológico característicos da fase reprodutiva (R). Os estádios são definidos quando pelo menos 50% das plantas consideradas apresentam as características descritas (Femández *et al.*, 1985).

A duração do ciclo da cultura varia com o hábito de crescimento, tendo as variedades do Tipo I o ciclo mais curto com cerca de 60 a 70 dias da sementeira à colheita e as do Tipo IV o ciclo mais longo, com mais de 100 dias da sementeira à colheita. As variedades dos Tipos II e III apresentam ciclos intermediários com cerca de 80 a 100 dias da sementeira à colheita (Araujo, 1994).

O feijoeiro é considerado uma planta exigente em nutrientes em função do ciclo curto e do pequeno e pouco profundo sistema radicular (Rosolem e Marubayashi, 1994). Os nutrientes são obtidos do solo e dos fertilizantes aplicados, com exceção do nitrogênio

que, além dessas duas fontes, pode ser obtido também da fixação biológica, por meio da simbiose com o rizóbio (Oliveira e Thung, 1988). O N é pode ser absorvido tanto na forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) quanto nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ). Porém, devido ao intenso processo de nitrificação que ocorre no solo, a forma nítrica é utilizada predominantemente (Stone e Sartorato, 1994). De modo geral o ganho na produção de matéria seca dos feijoeiros é de magnitude similar a absorção de nitrogênio dependendo, portanto, do suprimento adequado deste nutriente (Moraes, 1988).

#### 2.2.1.2 Microssimbionte (bactéria: rizóbio)

O rizóbio é uma bactéria gram-negativa (-), bastoneteforme, não formadora de esporos, naturalmente encontrada nos solos dos diversos domínios morfoclimáticos brasileiros sendo, nessa situação, denominada rizóbio nativo. Na condição de vida livre os rizóbios normalmente não conseguem fixar o N revelando essa capacidade somente quando em simbiose com as leguminosas hospedeiras (Drozdowicz, 1997; Hungria *et al.*, 1997; Cassini e Franco, 1998).

O fato de que a presença de nódulos nas raízes das leguminosas deve-se a ação bacteriana e que essas bactérias são responsáveis pela fixação do nitrogênio do ar do solo é conhecido há muito tempo. Estas receberam primeiramente a denominação de *Bacillus radicolica* (Mello *et al.*, 1989). Mais tarde foram classificadas como pertencentes ao gênero *Rhizobium* e subdivididas em um critério baseado, principalmente, em suas características fenotípicas, dando origem ao conceito de grupos de inoculação cruzada, que resultou do princípio de que a infecção das plantas pelas mesmas apresentava certa especificidade de interação. Com o passar do tempo outras características fisiológicas, bioquímicas e genéticas passaram a ser consideradas permitindo a divisão desse gênero em dois grupos: de crescimento rápido e de crescimento lento. Atualmente a família *Rhizobiaceae* inclui 6 gêneros: *Allorhizobium*, *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium* e *Sinorhizobium*, sendo do gênero *Rhizobium* as espécies que fixam o nitrogênio em simbiose com o feijoeiro (Hungria, 1994; Hungria *et al.*, 1997; Vieira *et al.*, 2001).

Em termos taxonômicos as estirpes de rizóbio que nodulam o feijoeiro foram as que mostraram maiores alterações nos últimos anos (Hungria *et al.*, 1994). Como resultado da evolução taxonômica do *Rhizobium phaseoli*, posteriormente denominado *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*, antes considerado como único microssimbionte do feijoeiro, originaram-se dois novos microssimbiontes: *Rhizobium tropici* e *Rhizobium etli* (Araujo, 1994). Mais recentemente as espécies *Rhizobium gallicum* bv. *gallicum* e *Rhizobium giardini* bv. *giardini*

também foram incluídas na relação de microssimbiontes do feijoeiro (Amarger *et al.*, 1997). Hoje há, portanto, descritas, cinco espécies de rizóbio capazes de nodular o feijoeiro: *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*, *Rhizobium tropici*, *Rhizobium etli*, *Rhizobium gallicum* bv. *gallicum* e *Rhizobium giardini* bv. *giardini*. Entretanto o *Rhizobium tropici* parece ser a espécie mais promissora para a cultura do feijoeiro nos trópicos em função de sua maior estabilidade genética e tolerância às condições de temperaturas elevadas e a acidez do solo (Martinez-Romero *et al.*, 1991; Hungria e Vargas, 2000). Conseqüentemente a escolha de estirpes de *Rhizobium tropici* para a inoculação do feijão aumenta a probabilidade de sucesso da FBN nessa cultura (Hungria e Campo, 2000) razão pela qual as duas estirpes utilizadas no preparo de inoculantes comerciais para a cultura, no caso a SEMIA 4077 (= CIAT 899) [Martinez-Romero *et al.*, 1991] e a SEMIA 4080 (= PRF 81) [Hungria *et al.*, 2000] serem pertencentes a espécie *Rhizobium tropici* (Chueire *et al.*, 2000).

#### 2.2.1.3 Resposta do feijoeiro ao inoculante rizobiano e problemas da FBN na cultura

Apesar da FBN suprir a demanda em nitrogênio na soja seu manejo no feijoeiro visando a substituição total ou parcial de adubos nitrogenados ainda apresenta diversas limitações (Vila *et al.*, 1996). Os resultados insatisfatórios em termos de FBN no feijoeiro, devidos à inoculação de sementes com o rizóbio têm desacreditado essa prática a ponto de muitos técnicos e produtores resolverem ignorá-la em benefício da adubação nitrogenada (Vieira, 1983). A inconsistência de melhores resultados da inoculação de sementes a nível de campo, faz com que a adoção dessa tecnologia de baixo custo seja, muitas vezes, encarada com ceticismo pelos produtores (Araujo, 1994).

A inoculação do feijoeiro é muitas vezes limitada, devido a características intrínsecas da planta, como baixa capacidade de resposta de algumas variedades, e das estirpes de rizóbio, como baixa capacidade competitiva por sítios de infecção nodular. Como resultado o feijoeiro está entre as espécies de leguminosa com menor eficiência na FBN apresentando, normalmente, baixa porcentagem de N proveniente da simbiose com o rizóbio. O grande desafio para a cultura é manejar adequadamente a simbiose visando aumentar a eficiência do sistema de fixação de nitrogênio. A utilização de inoculantes pode ser uma alternativa para os adubos nitrogenados desde que a FBN supra o feijoeiro com o nitrogênio necessário para o seu crescimento e desenvolvimento (Hungria *et al.*, 1997; Cassini e Franco, 1998).

Segundo Franco *et al.* (1979) e Franco (1995) o pico de atividade das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato responsáveis, respectivamente, pela fixação biológica do nitrogênio e pela assimilação do nitrogênio mineral do solo, ocorrem em épocas diferentes no



feijoeiro. O pico de atividade da nitrogenase ocorre logo após o início da floração enquanto o pico de atividade da redutase do nitrato ocorre mais tarde, durante a fase de enchimento de grãos. Por isso o feijoeiro é mais beneficiado pela FBN no início do ciclo enquanto que a aplicação de adubos nitrogenados têm maior contribuição na fase de enchimento de grãos. Desta forma seria recomendável sempre inocular o rizóbio e, dependendo da relação custo/benefício, efetuar adubação com fertilizante nitrogenado no início da floração. Para variedades que, de modo geral, apresentam boa nodulação como Carioca, Ouro Negro e Negro Argel, por exemplo, e níveis de produtividade até 1500 kg.ha<sup>-1</sup> a inoculação do rizóbio pode ser recomendada como única fonte de nitrogênio. Em caso de nodulação deficiente ou para maiores níveis de produtividade recomenda-se a adubação nitrogenada em cobertura.

Considerando que o feijoeiro é cultivado especialmente por pequenos produtores, em solos muitas vezes deficientes em nitrogênio mineral, qualquer melhoria na simbiose pode resultar em aumentos significativos no rendimento de grãos. Entretanto, devido à diversidade entre as variedades quanto à habilidade em fixar simbioticamente o N<sub>2</sub>, as respostas à inoculação, sobretudo em condições de campo, tem sido variáveis (Vargas *et al.*, 1991). Segundo Isoi e Yoshida (1991) pelo menos três fatores contribuem para a baixa fixação do nitrogênio no feijoeiro: demora no aparecimento dos nódulos, massa nodular insuficiente e ineficiência dos nódulos formados.

Os problemas que comprometem ou limitam a obtenção de respostas mais positivas da inoculação do feijão com o rizóbio e, conseqüentemente, maior eficiência do processo de FBN nessa cultura estão relacionados com a planta, com a bactéria, com o solo ou com a interação destes. Portanto problemas que comprometam qualquer desses elementos limitam a eficiência da FBN (Pereira, 1983).

O feijoeiro é, de modo geral, uma espécie que apresenta baixa capacidade de resposta ao uso do inoculante rizobiano. Entretanto existe entre variedades diferentes magnitudes de resposta sendo necessário, portanto, que se procure identificar variedades que combinadas com as estirpes de rizóbio do inoculante permitam melhor desempenho simbiótico. Variedades de hábito de crescimento determinado e de maturação mais precoce apresentam, geralmente, menor contribuição do processo de FBN que as de hábito indeterminado e de maturação mais tardia. Provavelmente o ciclo mais curto das primeiras possibilite menor período de tempo de fixação e, conseqüentemente, transferência de menores quantidades de N para as plantas (Cassini e Franco, 1998).

Uma característica que merece atenção num programa de melhoramento do feijoeiro é a nodulação precoce. Qualquer ganho na antecipação da atividade nodular pode resultar em aumento da quantidade de nitrogênio fixada durante o ciclo da cultura. A identificação de

combinações simbióticas (variedade de feijoeiro x estirpe de rizóbio) que possibilitem nodulação precoce e senescência tardia dos nódulos é uma opção para ampliar o período efetivo de fixação e minimizar o efeito do ciclo curto do feijoeiro que não permite à planta o período de tempo necessário à obtenção de maiores quantidades de nitrogênio por meio da simbiose com o rizóbio (Barradas e Hungria, 1989; Barradas *et al.*, 1989; Boddley e Hungria, 1990; Cassini e Franco, 1998).

O caráter de promiscuidade nodular do feijoeiro é mais uma barreira a ser transposta para que a inoculação de rizóbios eficientes tenha sucesso. Isso porque o feijoeiro, antes considerado planta de nodulação específica, tornou-se uma das espécies de nodulação mais promíscua, com rizóbios de diversas espécies e estirpes sendo capazes de lhe induzir a formação de nódulos radiculares (Araujo, 1994).

A baixa capacidade competitiva por sítios de infecção nodular dos rizóbios introduzidos pela inoculação de sementes é, talvez, um dos principais fatores que limitam seu melhor desempenho na formação de nódulos e fixação do nitrogênio no feijoeiro. Na maioria dos solos onde se cultiva o feijoeiro existem altas populações de rizóbios nativos e/ou naturalizados, geralmente caracterizados pela baixa eficiência no processo de FBN, porém adaptados ao solo e muito competitivos por sítios de infecção nodular, condição esta que restringe a possibilidade de colonização radicular, ocupação de sítios de infecção nodular e de formação de nódulos por estirpes mais eficientes introduzidas pela inoculação das sementes. Por essa razão muitas vezes não se obtém qualquer vantagem derivada do uso de inoculantes na cultura. Para minimizar o problema da competitividade nodular entre os rizóbios introduzidos e os presentes no solo é necessário que os rizóbios do inoculante sejam capazes de superar os rizóbios do solo na ocupação dos sítios de infecção nodular. Além da maior capacidade competitiva por sítios de infecção nodular é necessário também que as estirpes de rizóbio que compõem os inoculantes apresentem alto potencial de resistência a condições desfavoráveis de solo como presença de microrganismos antagonísticos, temperatura elevada e acidez do solo para que possam, efetivamente, sobreviver no solo e cumprir seu objetivo de formação de nódulos e fixação do nitrogênio no sistema radicular do feijoeiro (Lovato *et al.*, 1985; Andreola, 1992; Araujo, 1994; Hungria *et al.*, 1997; Cassini e Franco, 1998).

O problema da competitividade nodular no feijoeiro é mais crítico que na soja pois, no primeiro, dificilmente são encontradas plantas sem nódulos, sendo observada nodulação abundante mesmo em áreas onde seu cultivo nunca foi realizado anteriormente. Portanto a inoculação do feijoeiro só será bem sucedida se os rizóbios do inoculante forem competitivos o suficiente para superarem os rizóbios presentes no solo na ocupação de sítios de infecção

nodular e predominarem na formação dos nódulos do feijoeiro constituindo a maior parte dos nódulos presentes nas raízes (Araujo, 1995).

Para que se tenha assegurada boa nodulação as estirpes que compõem os inoculantes devem apresentar comprovada eficiência fixadora em experimentação de campo, capacidade de sobreviver no solo e colonizar o sistema radicular das plantas e alta capacidade competitiva por sítios de infecção nodular. Estas características evitariam possíveis riscos de nodulação ineficiente ocasionada por estirpes nativas e/ou naturalizadas, geralmente de baixa eficiência fixadora, mas com alta capacidade competitiva por sítios de infecção nodular (Vidor *et al.*, 1983).

O desempenho simbiótico do feijoeiro é prejudicado também pela persistência de condições ambientais limitantes à FBN, como temperatura, umidade e acidez extremas, deficiências nutricionais, especialmente de fósforo e molibdênio, e o manejo inadequado dos adubos nitrogenados. No caso do nitrogênio como regra geral solos com níveis mais elevados tendem a reduzir tanto a nodulação quanto a eficiência da fixação do nitrogênio. No caso do feijoeiro a aplicação de elevadas doses de nitrogênio por ocasião da semeadura pode restringir seriamente a nodulação e, conseqüentemente, limitar a fixação do nitrogênio (Cassini e Franco, 1998).

## 2.2.2 Variabilidade na resposta da simbiose entre espécies de rizóbio e de leguminosas

A eficiência da FBN pela simbiose rizóbio-leguminosas tem demonstrado ser muito variável entre espécies distintas de leguminosas e de rizóbio. As simbioses da soja e do feijoeiro com rizóbios pertencentes, respectivamente, aos gêneros *Bradyrhizobium* (*B. japonicum* e *B. elkanii*) e *Rhizobium* (*R. tropici*, *R. etli*, *R. leguminosarum* bv. *phaseoli*, *R. gallicum* bv. *gallicum* e *R. giardini* bv. *giardini*) constituem um exemplo típico desse fato, comprovando a grande variabilidade existente entre essas simbioses na eficiência do processo de FBN. O Quadro 1 apresenta algumas características diferenciais entre as culturas da soja e do feijoeiro em aspectos relacionadas à inoculação do rizóbio, à nodulação e à resposta ao processo de fixação simbiótica do nitrogênio. O Quadro mostra que essas culturas diferem entre si em grande proporção no que se refere aos indicadores apresentados os quais considerados em conjunto com as características individuais típicas de cada espécie definem seu comportamento produtivo quando em simbiose com o rizóbio. É importante destacar que dependendo das variedades consideradas e da condição edáfica e ambiental da área de cultivo podem ocorrer variações na resposta da soja e do feijoeiro em relação a alguma característica apresentada.

**QUADRO 1** Características diferenciais entre as culturas do feijoeiro e da soja em aspectos relacionados à inoculação do rizóbio, à nodulação e à resposta ao processo de fixação simbiótica do nitrogênio.

Característica	Soja	Feijoeiro
Nível de resposta à inoculação do rizóbio	Alto	Baixo
Eficiência da simbiose	Alta	Baixa
Uso de inoculantes na cultura	Comum	Raro
Destino dos inoculantes rizobianos comercializados no Brasil	+ de 98%	- de 2%
Importância econômica do processo de FBN pela simbiose com o rizóbio	Alta	Baixa
Taxas de fixação de nitrogênio pela simbiose com o rizóbio do inoculante	Altas	Baixas
Capacidade da planta em beneficiar-se da FBN pela simbiose com o rizóbio do inoculante	Alta	Baixa
Nível de suficiência de N pela simbiose com o rizóbio do inoculante	Alto	Baixo
Dependência de plantas inoculadas em fertilizantes nitrogenados	Pequena	Grande
Capacidade da FBN pela simbiose com o rizóbio do inoculante em substituir a adubação nitrogenada	Alta	Baixa
Economia de fertilizantes nitrogenados com a FBN pela simbiose com o rizóbio do inoculante	Grande	Pequena
Credibilidade no processo de FBN pela simbiose das plantas com o rizóbio	Alta	Baixa
Problemas que comprometem maior eficiência do processo de FBN pela simbiose das plantas com o rizóbio	Poucos	Muitos
Colonização radicular e ocupação de sítios de infecção nodular pelas estirpes de rizóbios do inoculante	Alta	Baixa
Massa nodular nas raízes	Maior	Menor
Tamanho (diâmetro) dos nódulos	Maiores	Menores
Eficiência nodular	Maior	Menor
Período (tempo) de contribuição da FBN no decorrer do ciclo da cultura	Maior	Menor
Variabilidade na resposta à inoculação do rizóbio entre variedades	Menor	Maior
Especificidade hospedeira	Maior	Menor
Promiscuidade nodular	Menor	Maior
Possibilidade de estabelecimento da simbiose das plantas com o rizóbio do inoculante	Maior	Menor
Competividade nodular entre os rizóbios do solo e do inoculante	Menor	Maior
Suscetibilidade da simbiose ao estresse ambiental	Menor	Maior

Principais Fontes: Barradas *et al.*, 1989; Isoi e Yoshida, 1991; Andreola, 1992; Siqueira, 1993; Hungria *et al.*, 1994; Araujo, 1994; Oliveira *et al.*, 1996; Hungria *et al.*, 1997; Vargas e Hungria, 1997; Cassini e Franco, 1998; Hungria e Campo, 2000; Chueire *et al.*, 2000; Vieira, 2001.

### 2.3 RIZOBACTÉRIAS PROMOTORAS DO CRESCIMENTO DE PLANTAS (RPCPs)

Bactérias com capacidade de promover o crescimento das plantas são mundialmente conhecidas como "Plant Growth-Promoting Rhizobacteria - PGPR" sendo definidas como bactérias benéficas que vivem na rizosfera e/ou colonizam agressivamente o sistema radicular das plantas resultando na promoção de seu crescimento por efeito direto ou indireto. O efeito direto das rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCPs) ocorre devido a mecanismos como produção de ácido cianídrico (HCN), fitohormônios (auxinas, giberelinas, citocininas) e enzimas (ACC deaminase), estímulo à absorção de nutrientes, solubilização de fosfatos e fixação de nitrogênio. O efeito das RPCPs é indireto quando o crescimento das plantas é estimulado pela ação das rizobactérias no controle biológico de fitopatógenos por meio de mecanismos como produção de ácido cianídrico (HCN), antibióticos (antibiose), sideróforos e bacteriocinas, parasitismo, competição por substrato, indução de resistência e proteção cruzada. Entre os fitopatógenos com possibilidade de controle biológico por determinadas espécies de RPCPs incluem-se os clássicos causadores de doenças e os subclínicos. Os patógenos subclínicos, também denominados patógenos menores, são os que embora normalmente não vivam no interior das plantas, produzem toxinas que podem resultar na redução de seu crescimento, com ou sem manifestação de sintomas visíveis podendo, portanto, na ausência de sintomas, seu efeito passar despercebido. Pela interferência negativa dos patógenos subclínicos no crescimento das plantas sua eliminação pode resultar na promoção do crescimento das plantas (Freitas, 1994; Luz, 1996; Melo, 1998; Mariano *et al.*, 2000a; Silveira, 2001).

A maioria das RPCPs pertence aos gêneros *Pseudomonas* (gram-negativa) e *Bacillus* (gram-positiva). As do gênero *Pseudomonas*, especialmente as espécies *Pseudomonas fluorescens* e *Pseudomonas putida*, são as mais estudadas. Isto se deve principalmente à sua grande capacidade de suprimir patógenos de solo, à sua ocorrência de forma natural e em elevadas populações, ao fato de serem nutricionalmente versáteis e possuírem habilidade de crescer numa ampla faixa de condições ambientais além de produzirem grande variedade de antibióticos, sideróforos e fitohormônios. Entretanto para propósitos práticos de uso de RPCPs na agricultura, bactérias do gênero *Bacillus*, especialmente a espécie *Bacillus subtilis*, apresentam certas vantagens em relação às do gênero *Pseudomonas* principalmente em relação à produção de inoculantes. Entre essas vantagens incluem-se a formação de esporos de resistência e a maior capacidade de sobrevivência em formulações. De modo geral, bactérias formadoras de esporos apresentam maior facilidade de formulação em forma estável do que bactérias que não esporulam (Melo, 1998; Mariano *et al.*, 2000b).

Além dos gêneros *Pseudomonas* e *Bacillus* muitos outros podem também serem considerados como RPCPs. Segundo Luz (1996), Silveira (2001) e Bloemberg e Lugtenberg (2001) os gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* que estabelecem simbioses com o feijoeiro e a soja, respectivamente, podem também serem incluídos entre as RPCPs. Nesse caso o mecanismo de promoção do crescimento das plantas é a fixação do nitrogênio. Porém os rizóbios não são frequentemente considerados como RPCPs pois estas convencionalmente incluem espécies de bactérias benéficas que vivem na rizosfera porém sem estabelecerem relações simbióticas com as plantas. De modo geral a expressão RPCPs designa um grupo amplo de bactérias tendo, na sua estrita interpretação, caráter um tanto vago. Portanto a terminologia, a classificação e as espécies consideradas como RPCPs ainda não estão bem claras e definidas.

Bloemberg e Lugtenberg (2001) dividem as RPCPs de acordo com seus efeitos benéficos em biofertilizadoras, fitoestimuladoras e biocontroladoras. As biofertilizadoras incluem os rizóbios (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Azorhizobium* e *Allorhizobium*) que promovem o crescimento das plantas pela fixação simbiótica do nitrogênio e, também, espécies de bactérias fixadoras de nitrogênio de vida livre. Entre as fitoestimuladoras inclui-se, especialmente, o gênero *Azospirillum* que, além de promover o crescimento das plantas como fixador de nitrogênio, também é capaz de fazê-lo mediante a produção de fitohormônios como auxinas (principalmente), citocininas e giberelinas. Entre as biocontroladoras incluem-se, especialmente, os gêneros *Pseudomonas*, *Bacillus* e *Streptomyces*, capazes de promover indiretamente o crescimento das plantas atuando como agentes de biocontrole de microrganismos fitopatogênicos.

A colonização das raízes por determinadas espécies de RPCPs pode ser favorecida pela prática da microbiolização das sementes que consiste na aplicação de microrganismos nas sementes visando, entre outros objetivos, promover o crescimento das plantas, seja por efeito direto ou indireto, seja por mecanismos específicos ou múltiplos. O aumento da colonização radicular e a promoção do crescimento das plantas pelas espécies de rizobactérias introduzidas pela microbiolização das sementes dependerá principalmente de sua capacidade de crescimento nas raízes, de multiplicação na rizosfera e de sobrevivência e estabelecimento no solo (Luz, 1993; Luz, 1996; Melo, 1998; Silveira, 2001).

Organismos potencialmente deletérios presentes no solo podem, em função de modificações no ambiente, predominar na população rizosférica e representar limitação à produtividade das culturas. Os denominados como rizobactérias deletérias (RDs) podem, por exemplo, ser capazes de reduzir o crescimento das plantas mediante produção de

substâncias tóxicas na rizosfera (Siqueira, 1993). As RDs representam um importante grupo de patógenos de plantas cujo diagnóstico em condições de campo e controle toma-se difícil devido à ausência de sintomas visuais e de mortalidade de plantas. As RDs podem, portanto, reduzir o crescimento da parte aérea e das raízes das plantas sem, no entanto, causar qualquer sintoma visual perceptível, podendo seu efeito passar despercebido (Melo, 1998). Segundo Schippers *et al.* (1987) há indicações de que determinadas espécies de RPCPs possam ter efeito antagônico às chamadas RDs.

As pesquisas visando o uso de espécies de RPCPs capazes de atuar no controle de doenças das plantas têm sido intensificadas principalmente em decorrência da busca de alternativas para substituição dos produtos químicos utilizados com essa finalidade que além de aumentarem o custo de produção das culturas podem resultar em problemas de contaminação ambiental. Essas bactérias são passíveis de serem disponibilizadas como inoculantes comerciais facilitando dessa forma sua utilização pelos agricultores (Melo, 1998).

## 2.4 RESPOSTAS DE LEGUMINOSAS À CO-INOCULAÇÃO DE RIZOBACTÉRIAS

Li e Alexander (1988) mediante co-inoculação de bactérias dos gêneros *Bacillus* e *Pseudomonas* com o rizóbio conseguiram aumentar sua colonização na rizosfera da soja e alfafa, respectivamente.

Turner e Backman (1991), em experimento de campo, obtiveram aumento na nodulação do amendoim pela co-inoculação de rizóbio e *Bacillus subtilis*.

Halverson e Handelsman (1991) observaram, "in vitro" e a campo, aumentos na nodulação da soja pelo rizóbio mediante tratamento das sementes com *Bacillus cereus*.

Singh e Subba Rao (1979) observaram aumento na nodulação e produtividade da soja em resposta a co-inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium japonicum*.

Araújo e Húngria (1999), em experimento de campo, obtiveram aumento na nodulação e ocupação dos nódulos de soja por estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* pela co-inoculação de rizóbio e *Bacillus subtilis* ou seus metabólitos.

Jensen *et al.* (2002) observaram que a co-inoculação do *Rhizobium tropici* e do *Bacillus subtilis* em sementes de feijão reduziu a severidade de doenças de raiz e aumentou o rendimento da cultura.

A maioria das espécies de microrganismos com efeito positivo sobre a nodulação de leguminosas pertence ao gênero *Bacillus* (Araújo, 1994).

## 2.5 MICRONUTRIENTES

### 2.5.1 Aspectos gerais

Para crescimento e desenvolvimento normais as plantas necessitam de 16 elementos considerados essenciais. Desses o carbono, o oxigênio e o hidrogênio são obtidos do ar e da água. Os nutrientes retirados do solo são classificados em três grupos: macronutrientes primários, macronutrientes secundários e micronutrientes. Esta classificação baseia-se na quantidade requerida e em aspectos de comercialização dos fertilizantes e não na importância dos nutrientes, porquanto todos são necessários. Os macronutrientes primários N, P e K são geralmente empregados em maior proporção nas adubações: o P por interagir mais com o solo e o N e o K por se esgotarem mais rapidamente. Os macronutrientes secundários S, Ca e Mg geralmente ocorrem nas plantas em quantidades menores que o N e o K. Os micronutrientes, Fe, Zn, Cu, Mn, B, Mo e Cl são necessários em pequenas quantidades. Para leguminosas como o feijoeiro o cobalto é também considerado essencial. Embora indispensáveis os micronutrientes normalmente não são empregados nas adubações porque são exigidos em pequenas proporções que freqüentemente o próprio solo satisfaz. Porém isso nem sempre ocorre e a escassez de um deles pode limitar a produtividade da cultura. Deficiências de micronutrientes podem resultar de sua ausência, escassez ou indisponibilidade no solo (Vieira 1996; Vieira, 1998).

Entre os micronutrientes os que mais influenciam na FBN pela simbiose rizóbio-leguminosas são o molibdênio e o cobalto.

### 2.5.2 Molibdênio

A função mais importante do molibdênio nas plantas está associada com o metabolismo do nitrogênio (Dechen *et al.*, 1991a). Sendo componente básico das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato (Santos, 1991) é, portanto, essencial para a fixação do nitrogênio nos nódulos radiculares das leguminosas e, também, indispensável para o aproveitamento dos nitratos absorvidos pelas plantas (Vieira, 1996). Embora nas leguminosas o Mo seja necessário para a manutenção da atividade de ambas as enzimas para outras famílias sua necessidade se restringe à atividade da redutase do nitrato. Nesse caso a necessidade de Mo é maior em ambiente aeróbico onde a forma predominante de assimilação do nitrogênio é o nitrato e menor em ambiente anaeróbico



(arroz irrigado, por exemplo) onde a forma predominante de assimilação de nitrogênio é o amônio (Santos, 1991). Portanto plantas nutridas com nitrato apresentam maior concentração de Mo do que as nutridas com amônio (Vidor e Peres, 1988).

A aplicação do Mo nas leguminosas tem por finalidade principal aumentar a eficiência do rizóbio na fixação do nitrogênio atmosférico e também garantir o suprimento deste nutriente essencial para as plantas (Santos, 1981). Pelo envolvimento do Mo com as enzimas nitrogenase e redutase do nitrato o metabolismo do N pode ser seriamente prejudicado em leguminosas submetidas à deficiência de Mo (Pessoa *et al.*, 2001).

A carência do molibdênio pode ser o reflexo de sua real falta no solo ou da redução de sua disponibilidade quando o solo é muito ácido pois a disponibilidade do Mo aumenta com a elevação do pH, razão pela qual a calagem é, muitas vezes, suficiente para corrigir-lhe a deficiência desde que este elemento esteja presente no solo em forma imobilizada pela acidez. A calagem é a principal medida a se adotar em solos como os do Brasil (ácidos ou tendentes a ácidos) para se aumentar a disponibilidade de molibdênio para as plantas. Ainda que as deficiências de Mo sejam mais prováveis em solos ácidos elevada absorção desse elemento pode ocorrer nessa condição se o conteúdo de matéria orgânica for alto (Santos, 1991; Borkert *et al.*, 1994; Vieira, 1996).

As principais fontes de Mo são o molibdato de sódio, o molibdato de amônio, o ácido molibdico e o trióxido de molibdênio (Campo e Hungria, 2002). Na cultura da soja as recomendações de aplicação do Mo nas sementes variam de 12 a 25 g.ha<sup>-1</sup> (Sfredo *et al.*, 1997) e 12 a 30 g.ha<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2000).

A absorção do Mo pelas plantas ocorre especialmente por fluxo de massa na forma de molibdato (MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). É um elemento moderadamente móvel na planta mas a forma que se transloca não é conhecida (Dechen *et al.*, 1991b). Diferente dos demais micronutrientes a deficiência de Mo ocorre nas folhas mais velhas na planta (Campo e Hungria, 2002).

Pode-se fornecer Mo às plantas aplicando o produto fonte desse elemento no solo, nas folhas ou nas sementes. A aplicação no solo tem custo mais elevado devido a maior quantidade utilizada. Além disso parte do molibdênio aplicado será retida no solo sob formas não disponíveis para as plantas. A aplicação via foliar também tem custo elevado apesar da menor quantidade utilizada. Entretanto é de 10 a 20 dias o tempo necessário para absorção de 50% do total aplicado nas folhas. A aplicação nas sementes é o método mais econômico, simples e eficiente de suprir molibdênio para as plantas e para o processo de fixação do nitrogênio pelo rizóbio possibilitando o fornecimento das pequenas quantidades exigidas pelas plantas de modo uniforme além do elemento já estar ao alcance das primeiras raízes da planta (Santos, 1981).

O local de produção da semente é de grande importância na definição de sua composição química e, conseqüentemente, no teor de elementos como o molibdênio. Franco e Munns (1981) analisando sementes de feijão multiplicadas em Goiânia (Goiás) e em Davis (Califórnia - EUA) observaram que, considerando a mesma variedade, as sementes produzidas nos Estados Unidos apresentavam concentrações de Mo significativamente superiores às obtidas no Brasil. A variedade Rico 23, por exemplo, apresentou concentração cerca de 12 vezes maior em Davis do que em Goiânia (0,18 mg Mo.kg<sup>-1</sup> em Goiânia e 2,21 mg Mo.kg<sup>-1</sup> em Davis) e a variedade Carioca concentração cerca de 19 vezes maior em Davis do que em Goiânia (0,10 mg Mo.kg<sup>-1</sup> em Goiânia e 1,86 mg Mo.kg<sup>-1</sup> em Davis).

### 2.5.3 Cobalto

Segundo Marschner (1990) o cobalto assim como o sódio e o silício não são considerados essenciais mas sim elementos minerais benéficos capazes de estimular o crescimento de determinadas espécies de plantas. Entretanto a distinção entre elementos benéficos e essenciais é particularmente difícil no caso de elementos traço havendo tendência de que estes elementos passem a ser considerados também como micronutrientes. Por outro lado Malavolta *et al.* (1991) e POTAFOS (1996) incluem o cobalto entre os micronutrientes considerados essenciais. A essencialidade do cobalto para leguminosas foi comprovada por Delwiche e Reisenauer (1961).

Embora a essencialidade do cobalto para as plantas não possa ser generalizada ele é um elemento fundamental para a fixação simbiótica do nitrogênio nas leguminosas. O cobalto é componente da vitamina B<sub>12</sub> importante na formação da coenzima cobamida necessária à síntese da leghemoglobina responsável pela proteção respiratória da nitrogenase e que funciona como indicadora da atividade do nódulo (Vidor e Peres, 1998).

A absorção do Co é feita por fluxo de massa principalmente na forma de Co<sup>2+</sup> e sua translocação na planta ocorre somente após formação de quelados com ácidos orgânicos razão pela qual esse elemento é considerado pouco móvel e sua deficiência na planta ocorre nas folhas mais novas (Campo e Hungria, 2002).

As principais fontes de Co são o cloreto de cobalto, o sulfato de cobalto e o nitrato de cobalto (Campo e Hungria, 2002). Na cultura da soja as recomendações de aplicação do Co nas sementes variam de 1 a 5 g.ha<sup>-1</sup> (Sfredo *et al.*, 1997) e 2 a 3 g.ha<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2000).

Ao contrário do Mo a disponibilidade do Co para as plantas, diminui com o aumento do pH do solo. Portanto a calagem, embora aumente a disponibilidade de Mo, reduz a de Co (Vidor e Peres, 1988).

O cobalto aplicado nas folhas pode ser absorvido porém não é translocado para outras partes da planta, razão pela qual sua aplicação foliar não resolve o problema de sua deficiência na planta (Borkert *et al.*, 1994). A aplicação nas sementes é a forma mais adequada de fornecer o cobalto para as plantas pois a aplicação no solo ou nas folhas é considerada ineficiente.

Fitotoxicidade de cobalto já foi observada em soja quando da aplicação desse elemento na semente (Santos, 1999; Marcondes, 2001). Segundo Borkert *et al.* (1994) a fitotoxicidade do cobalto causa deficiência induzida de ferro cujos sintomas são caracterizados por manchas necróticas nos cotilédones e amarelecimento das folhas primárias. Normalmente os sintomas não evoluem e ao formar-se a primeira folha trifoliolada, pela baixa mobilidade do cobalto, a deficiência induzida de ferro desaparece sem causar prejuízo ao desenvolvimento das plantas.

#### 2.5.4 Respostas de leguminosas ao tratamento das sementes com molibdênio e cobalto

Fornasieri Filho *et al.* (1988) trabalharam com doses de molibdênio de 9,6 a 38,4 g.ha<sup>-1</sup> aplicadas nas sementes do feijão variedade Carioca 80 e obtiveram efeito quadrático em todas as características avaliadas (massa da matéria seca, número de grãos, número de vagens, altura de inserção da 1ª vagem, massa de grãos, massa de 1000 sementes e produção de grãos). Grassi Filho *et al.* (1996) aplicaram 24 g.ha<sup>-1</sup> de Mo em sementes de feijão, variedade Carioca 80, e verificaram acréscimo de 11,92% na produção de grãos. Lantmann *et al.* (1989) aplicaram dose de 30 g.ha<sup>-1</sup> de Mo em sementes de soja e verificaram aumentos de 11 a 16% na produção de grãos em um latossolo roxo álico com pH (CaCl<sub>2</sub>) menor que 4,7 e de 4 a 29% em um latossolo vermelho-escuro álico com pH (CaCl<sub>2</sub>) menor que 4,8. Caires e Rosolem (2000) aplicaram nas sementes de amendoim doses de 0,58 g.kg<sup>-1</sup> de Mo e de 0,16 g.kg<sup>-1</sup> de Co e observaram que o Mo resultou em aumento da massa da matéria seca dos nódulos e não teve efeito sobre a absorção de nitrogênio enquanto o Co não teve qualquer efeito sobre a nodulação e absorção de nitrogênio.

No caso do cobalto à exceção do resultado obtido por Junqueira Neto *et al.* (1977) com a variedade Ricobaio 1014 no Município de Paula Cândido na Zona da Mata de Minas Gerais onde com baixa dose de Co (0,25 g.ha<sup>-1</sup>) conseguiram dobrar a produção de feijão, outros trabalhos utilizando doses similares aplicadas em outras variedades e em outros locais normalmente não tem tido qualquer efeito (Santos *et al.*, 1979; Castro *et al.*, 1994; Vieira *et al.*, 1994). Segundo Santos *et al.* (1979) os resultados obtidos por Junqueira Netto *et al.* (1977) foram provavelmente devidos ao fato do experimento ter sido instalado em solo deficiente em Co e/ou as sementes utilizadas possuírem baixas reservas desse elemento.

### 3 METODOLOGIA

Os experimentos para o desenvolvimento da pesquisa foram conduzidos na casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, vinculado ao Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, localizada no Município de Curitiba, Estado do Paraná. Utilizou-se como substrato solo coletado da camada superficial (0 - 20 cm) de um Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) [EMBRAPA, 1999], de área de rotação de culturas da Estação Experimental do Canguiri, situada no Município de Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba, Estado do Paraná.

Considerando a condição de trabalho em vasos elevou-se o nível de fertilidade natural do substrato mediante sua adubação com 100 mg.kg<sup>-1</sup> de P, na forma de superfosfato simples (20% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 100 mg.kg<sup>-1</sup> de K, na forma de cloreto de potássio (60% de K<sub>2</sub>O), procedimento este realizado cinco semanas antes da semeadura dos experimentos. Os resultados das análises químicas realizadas após o ajuste dos níveis de P e K revelaram os seguintes atributos de fertilidade: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,3; Matéria Orgânica = 73,0 g.dm<sup>-3</sup>; P = 35,0 mg.dm<sup>-3</sup>; K = 0,58 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; Ca = 9,4 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; Mg = 4,7 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> = 4,7 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; S = 42,0 mg.dm<sup>-3</sup>; Na = 1,0 mg.dm<sup>-3</sup>; Fe = 62,0 mg.dm<sup>-3</sup>; Mn = 24,0 mg.dm<sup>-3</sup>; Cu = 1,3 mg.dm<sup>-3</sup>; Zn = 3,0 mg.dm<sup>-3</sup>; B = 0,36 mg.dm<sup>-3</sup>; Mo = 0,01 mg.dm<sup>-3</sup>; Co = 0,03 mg.dm<sup>-3</sup>; Soma de Bases = 14,7 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; CTC = 19,4 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; Saturação de Bases = 75,7%; Relação Ca/Mg = 2,0; e Relação Mg/K = 8,1.

Além das análises químicas fez-se, também, a análise granulométrica e biológica do substrato. A análise granulométrica revelou os seguintes atributos físicos: 7,8 g.kg<sup>-1</sup> de areia grossa; 23,8 g.kg<sup>-1</sup> de areia fina; 20,3 g.kg<sup>-1</sup> de silte; e 48,0 g.kg<sup>-1</sup> de argila. Pela análise biológica verificou-se que o número mais provável (NMP) de células viáveis de rizóbios, estimado pelo teste de infecção em plantas, era de cerca de 1,6 x 10<sup>5</sup> UFC.g<sup>-1</sup> de solo.

Os experimentos foram instalados utilizando o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2<sup>4</sup>, ou seja, quatro fatores [A - *Rhizobium tropici* (Rt), B - *Bacillus subtilis* (Bs), C - Molibdênio (Mo) e D - Cobalto (Co)] cada um destes considerados em dois níveis [(0) ausência e (1) presença]. Para cada um dos 16 tratamentos obtidos da combinação dos quatro fatores e seus respectivos níveis considerou-se quatro repetições totalizando, portanto, 64 unidades experimentais.

A fonte do *Rhizobium tropici* foi o inoculante comercial veiculado em turfa esterilizada, constituído das estirpes SEMIA 4077 e SEMIA 4080. Quando de sua utilização nos experimentos estimou-se o número de células viáveis por unidade de produto. A estimativa foi feita pelo método de diluição seriada e contagem de colônias em placas com meio extrato de levedura manitol ágar. Os resultados das contagens revelaram que o produto possuía, como provável concentração bacteriana, cerca de  $8,7 \times 10^8$  UFC de Rt.g<sup>-1</sup>.

A fonte do *Bacillus subtilis* foi um produto desenvolvido à base de resíduos agro-industriais, constituído de um isolado da bactéria denominado como estirpe B.s.1/92. O produto foi formulado em caldo fermentado a partir de 5% (v/v) de inóculo da bactéria e da mistura de 0,15% (p/v) de melaço de cana, 0,15% (p/v) de milhocina [CSL = *Com Steep Liquor*] (sub-produto do processamento do milho) e 0,20% (p/v) de fosfato de potássio (K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>). Quando de sua utilização nos experimentos estimou-se o número de células viáveis por unidade de produto. A estimativa foi feita pelo método de diluição seriada e contagem de colônias em placas com meio nutriente ágar. Os resultados das contagens revelaram que o produto possuía, como provável concentração bacteriana, cerca de  $1,1 \times 10^8$  UFC de Bs.mL<sup>-1</sup>.

A fonte de molibdênio (Mo) foi o molibdato de sódio (Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O), que possui 39,65% do elemento. A fonte de cobalto (Co) foi o sulfato de cobalto (CoSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O), que possui 20,96% do elemento. O molibdato de sódio possui, ainda, 19,01% de sódio (Na) e o sulfato de cobalto possui, também, 11,41% de enxofre (S).

As unidades experimentais foram constituídas de vasos plásticos contendo 4,9 kg do substrato (base seca) previamente passado em peneira com diâmetro de malha de 5 mm. Como planta-teste utilizou-se o feijoeiro das variedades FT Bionobre (grupo comercial preto) e FT Bonito (grupo comercial carioca), ambas de hábito de crescimento indeterminado, Tipo II.

A análise química das sementes da variedade FT Bionobre revelou os seguintes resultados: N = 40,2 g.kg<sup>-1</sup>; P = 5,6 g.kg<sup>-1</sup>; K = 15,4 g.kg<sup>-1</sup>; Ca = 0,4 g.kg<sup>-1</sup>; Mg = 1,6 g.kg<sup>-1</sup>; S = 2,4 g.kg<sup>-1</sup>; Fe = 110,0 mg.kg<sup>-1</sup>; Mn = 18,0 mg.kg<sup>-1</sup>; Cu = 10,0 mg.kg<sup>-1</sup>; Zn = 14,0 mg.kg<sup>-1</sup>; Na = 30,0 mg.kg<sup>-1</sup>; B = 10,0 mg.kg<sup>-1</sup>; Al = 27,0 mg.kg<sup>-1</sup>; Mo = 0,51 mg.kg<sup>-1</sup> e Co = 0,10 mg.kg<sup>-1</sup>. A análise química das sementes da variedade FT Bonito revelou os seguintes resultados: N = 42,7 g.kg<sup>-1</sup>; P = 3,9 g.kg<sup>-1</sup>; K = 13,0 g.kg<sup>-1</sup>; Ca = 0,6 g.kg<sup>-1</sup>; Mg = 1,8 g.kg<sup>-1</sup>; S = 2,3 g.kg<sup>-1</sup>; Fe = 148,0 mg.kg<sup>-1</sup>; Mn = 13,0 mg.kg<sup>-1</sup>; Cu = 8,0 mg.kg<sup>-1</sup>; Zn = 11,0 mg.kg<sup>-1</sup>; Na = 10,0 mg.kg<sup>-1</sup>; B = 6,0 mg.kg<sup>-1</sup>; Al = 36,0 mg.kg<sup>-1</sup>; Mo = 0,10 mg.kg<sup>-1</sup>; e Co = 0,34 mg.kg<sup>-1</sup>.

Para cada uma das variedades instalaram-se dois experimentos que, embora tivessem os mesmos tratamentos (16), número de repetições (4) e de unidades experimentais (64), diferiam entre si na época de avaliação e na natureza das variáveis

avaliadas. Os experimentos denominados 1 (FT Bionobre) e 2 (FT Bonito) tiveram a duração de 40 dias (Fase 1) e os experimentos denominados 3 (FT Bionobre) e 4 (FT Bonito) tiveram a duração, respectivamente, de 78 dias e de 89 dias (Fase 2). Em cada fase foram avaliadas variáveis distintas sendo, na Fase 1 (Experimentos 1 e 2), dez variáveis consideradas como indicadoras de crescimento das plantas e de nodulação e fixação do nitrogênio e, na Fase 2 (Experimentos 3 e 4), seis variáveis consideradas como indicadoras de produção e rendimento de grãos.

Nos tratamentos definidos pela presença dos fatores estudados (Rt, Bs, Mo, Co) os produtos biológicos utilizados como fonte das bactérias (Rt, Bs) e químicos utilizados como fonte dos micronutrientes (Mo, Co) foram aplicados nas sementes de feijão, isolados ou combinados, nas seguintes quantidades: 10 g.kg<sup>-1</sup> de inoculante (Rt) em turfa; 3 mL.kg<sup>-1</sup> de caldo de cultura de Bs; 0,9 g.kg<sup>-1</sup> de Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O (0,36 g.kg<sup>-1</sup> de Mo) e 0,3 g.kg<sup>-1</sup> de CoSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O (0,06 g.kg<sup>-1</sup> de Co). Para garantir maior adesão, permitir melhor distribuição e promover a mistura mais uniforme e homogênea dos produtos nas sementes estas foram primeiramente umedecidas com 6 mL.kg<sup>-1</sup> de solução açucarada a 10% preparada com açúcar cristal. As quantidades dos produtos aplicados correspondem à utilização por hectare, considerando um gasto médio de 50 kg de sementes, de 300 mL de solução açucarada a 10%, 500 g de inoculante (Rt) em turfa, 150 mL de caldo de cultura de Bs, 45 g de Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O (18 g de Mo) e 15 g de CoSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O (3 g de Co).

A solução açucarada a 10% foi aplicada nas sementes acondicionadas em sacos plásticos em ação rápida e, de imediato, foi feita a adição dos produtos utilizados como fonte das bactérias e dos micronutrientes bem como sua mistura até que estivessem completa e uniformemente distribuídos sobre todas as sementes. Imediatamente após o emprego dos produtos e secagem à sombra das sementes fez-se a semeadura dos quatro experimentos colocando-se, por vaso, cinco sementes equidistantes a 2,5 cm de profundidade. Esses procedimentos foram realizados na mesma data (19/01/2001). Aos 10 dias após a semeadura (DAS) foi feito o desbaste mantendo-se, a partir dessa ocasião, duas plantas em cada uma das unidades experimentais, as mais homogêneas.

Durante o decorrer dos experimentos foram feitas irrigações regularmente procurando-se manter condição homogênea e uniforme de umidade entre as unidades experimentais. Utilizou-se 75% da capacidade de campo como referência. Foram também medidas, diariamente, a temperatura do ar (máxima/mínima), a umidade relativa do ar (máxima/mínima) e a temperatura do solo a 8,5 cm de profundidade. Com base nessas leituras estimou-se a temperatura média do ar, a temperatura média do solo e a umidade relativa do ar média ocorridas durante o período correspondente a ambos os experimentos de cada variedade.

Na Fase 1, completada aos 40 DAS para ambas as variedades, a temperatura do ar foi de  $28,2 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ , a temperatura do solo de  $26,4 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$  e a umidade relativa do ar de  $72,7 \pm 0,6\%$ . Na Fase 2, completada aos 78 DAS para variedade FT Bionobre, a temperatura do ar foi de  $27,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ , a temperatura do solo de  $25,7 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  e a umidade relativa do ar de  $73,5 \pm 0,4\%$  e aos 89 DAS para variedade FT Bonito, a temperatura do ar foi de  $27,2 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ , a temperatura do solo de  $25,4 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  e a umidade relativa do ar de  $73,9 \pm 0,4\%$ .

Ao encerrar os experimentos 1 e 2 as plantas encontravam-se no estágio  $R_6$  estando, porém, a variedade FT Bonito em início de floração e a variedade FT Bionobre em floração plena. Ao encerrar os experimentos 3 e 4, as plantas de ambas as variedades encontravam-se no final do estágio  $R_9$  (maturidade de colheita) (Fernández *et al.*, 1985; Vilhordo *et al.*, 1996).

Ao término dos experimentos 1 e 2 foram avaliadas as variáveis denominadas Massa da Matéria Seca da Parte Aérea (MMSPA), Massa da Matéria Seca da Raiz (MMSR), Massa da Matéria Seca dos Nódulos (MMSN), Massa da Matéria Seca da Planta (MMSP) [equivalente a massa da matéria seca total da planta, ou seja,  $\text{MMSPA} + \text{MMSR} + \text{MMSN}$ ], Número Total de Nódulos (NTN) [considerada como sendo a quantidade de nódulos, visualmente perceptíveis, retirados das raízes de duas plantas], Massa da Matéria Seca Média Unitária dos Nódulos (MMSMUN) [equivalente a  $\text{MMSN} \div \text{NTN}$ ], Nitrogênio Total da Massa da Matéria Seca da Parte Aérea (NTMMSPA), Número de Nódulos Grandes (NNG) [considerados como sendo os de tamanho superior a 3,35 mm, ou seja,  $\text{Nódulos} \geq 3,35\text{ mm}$ ], Número de Nódulos Médios (NNM) [considerados como sendo os de tamanho entre 2,00 mm e 3,35 mm, ou seja,  $2,00\text{ mm} \leq \text{Nódulos} < 3,35\text{ mm}$ ] e Número de Nódulos Pequenos (NNP) [considerados como sendo os de tamanho inferior a 2,00 mm, ou seja,  $\text{Nódulos} < 2,00\text{ mm}$ ].

Para avaliação das variáveis MMSPA, MMSR, MMSN e NTN retirou-se, inicialmente, a parte aérea das plantas e, em seguida, as raízes com os nódulos. Posteriormente efetuou-se a limpeza das raízes e a retirada e contagem de todos os nódulos visualmente perceptíveis. As variáveis NNG, NNM e NNP, consideradas como indicadoras do tamanho dos nódulos, foram obtidas mediante utilização de peneiras granulométricas de diâmetros de abertura de malhas iguais a 4,00 mm, 3,35 mm, 2,00 mm e 0,50 mm, colocadas sobrepostas nessa ordem seqüencial. O NNG ( $\text{Nódulos} \geq 3,35\text{ mm}$ ) foi obtido como resultado da somatória do número de nódulos retidos na peneira de 4,00 mm ( $\text{Nódulos} \geq 4,00\text{ mm}$ ) com o número de nódulos retidos na peneira de 3,35 mm ( $3,35\text{ mm} \leq \text{Nódulos} < 4,00\text{ mm}$ ). Optou-se por considerar como NNG o total de nódulos obtidos nessas duas situações em razão da pequena quantidade obtida em ambas, principalmente na primeira condição ( $\text{Nódulos} \geq 4,00\text{ mm}$ ) especialmente para a variedade FT Bonito. O NNM ( $2,00\text{ mm} \leq \text{Nódulos} < 3,35\text{ mm}$ ) foi obtido pela contagem da quantidade de nódulos retidos na peneira de 2,00 mm.

O NNP (Nódulos < 2,00 mm) era retido na peneira de 0,50 mm não sendo porém sua quantidade determinada por contagem direta mas sim considerada como sendo o resultado da diferença entre o NTN e a soma do NNG com o NNM [ $NNP = NTN - (NNG + NNM)$ ] pois dificilmente teriam sido retirados das raízes nódulos menores do que 0,50 mm e mesmo que fosse estes teriam massa desprezível e não teriam nenhum significado em termos de avaliação de nodulação. A parte aérea, as raízes e os nódulos foram secados em estufa a 65°C até massa constante. A determinação do nitrogênio total da massa da matéria seca da parte aérea foi feita utilizando-se a técnica de digestão úmida (método semi-micro Kjeldahl).

Ao término dos experimentos 3 e 4 foram avaliadas as variáveis denominadas Número de Vagens (NV), Número de Grãos (NG), Número de Grãos por Vagem (NG/V), Massa de Grãos (MG), Massa de 100 Grãos (M100G) e Rendimento Teórico (RT) [estimado considerando uma população de 250.000 plantas.ha<sup>-1</sup>].

Para avaliação das variáveis MG e M100G padronizou-se a umidade dos grãos em 13%. Dessa forma procedeu-se, primeiramente, a secagem dos grãos pelo método padrão de estufa (105°C/24 horas) para, em seguida, realizar as determinações de massa.

A análise estatística dos resultados foi realizada verificando-se, primeiramente, a homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett. No caso de variâncias heterogêneas, antes de proceder-se a análise de variância, efetuou-se a transformação dos dados para que fosse garantida a homocedasticidade. Os efeitos principais (atribuídos a cada fator isoladamente) significativos pelo teste de Fisher ( $F: p \leq 0,05$ ) da análise de variância e independentes (referentes aos fatores não envolvidos em interações significativas) tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para as interações significativas ( $F: p \leq 0,05$ ) de 1ª, 2ª e 3ª ordem (duplas, triplas e quádruplas) antes de proceder a comparação das médias fez-se o desdobramento da análise de variância para avaliar, com precisão, o efeito de cada fator dentro dos níveis dos demais fatores envolvidos na interação. O desdobramento da análise de variância para interações significativas é recomendado por Vieira (1999), Silva e Silva (1999) e Ferreira (2000) sendo a comparação de médias feita de acordo com seu resultado. Nesse caso foram comparadas as médias dos níveis de cada fator mantendo constantes os níveis dos outros fatores envolvidos na interação. Quando dois fatores estavam envolvidos simultaneamente em interações duplas (A x B), triplas (A x B x C) e quádruplas (A x B x C x D) significativas ou ainda três fatores envolvidos simultaneamente em interações triplas e quádruplas significativas considerou-se para o desdobramento da análise de variância e posterior comparação de médias apenas a interação significativa de maior ordem.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

#### 4.1.1 Experimento 1

As Figuras 1 a 15 e a Tabela 1 apresentam, respectivamente, os resultados e a análise de variância do Experimento 1, desenvolvido em casa de vegetação com o feijoeiro da variedade FT Bionobre (duas plantas por vaso), no qual foram avaliados, aos 40 dias após a semeadura (estádio R<sub>6</sub>), os efeitos isolados e combinados do *Rhizobium tropici* (Rt), do *Bacillus subtilis* (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) todos em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre as variáveis denominadas Massa da Matéria Seca da Parte Aérea (MMSPA), Massa da Matéria Seca da Raiz (MMSR), Massa da Matéria Seca dos Nódulos (MMSN), Massa da Matéria Seca da Planta (MMSP), Número Total de Nódulos (NTN), Massa da Matéria Seca Média Unitária dos Nódulos (MMSMUN), Nitrogênio Total da Massa da Matéria Seca da Parte Aérea (NTMMSPA), Número de Nódulos Grandes (NNG), Número de Nódulos Médios (NNM) e Número de Nódulos Pequenos (NNP).

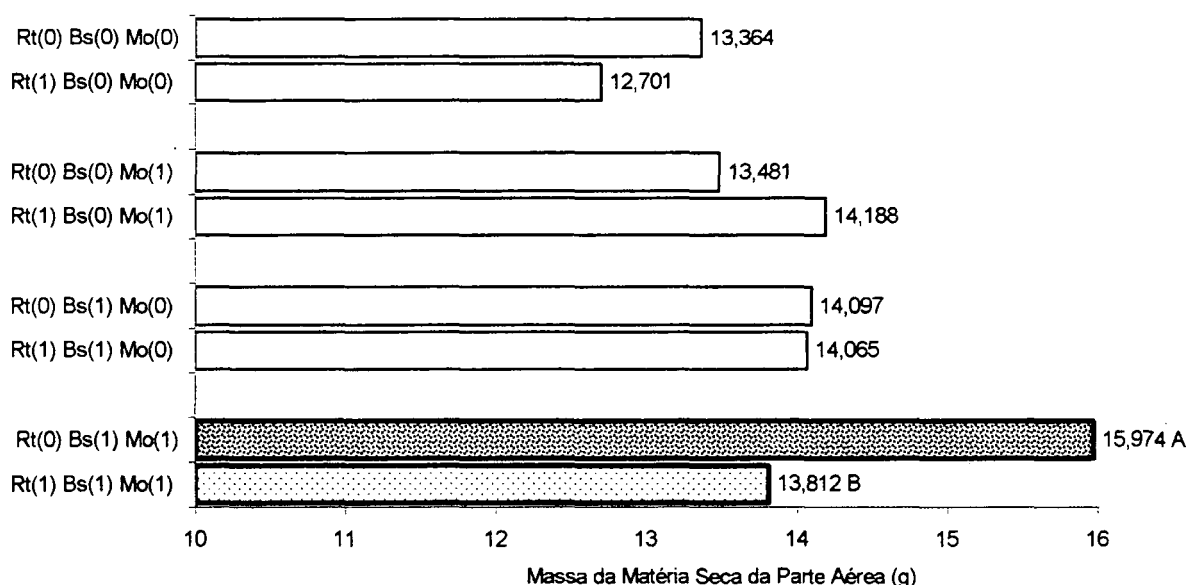


FIGURA 1 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt), do *Bacillus subtilis* (Bs) e do molibdênio (Mo) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 8 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Rt dentro da interação Bs x Mo e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 1)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,678)] (análise de variância geral na Tabela 1)

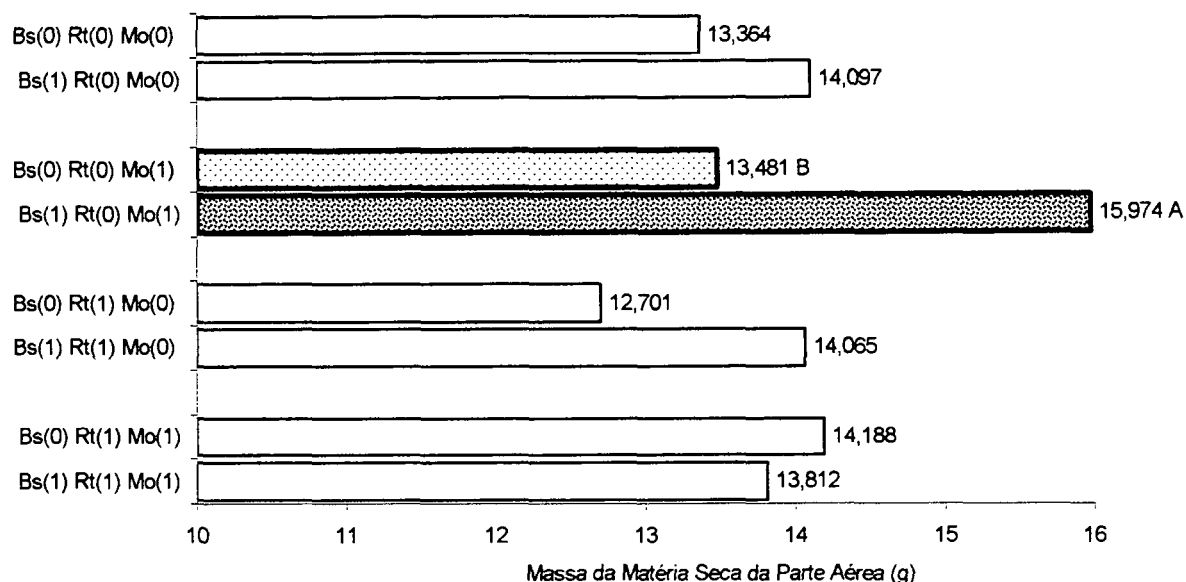


FIGURA 2 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt), do *Bacillus subtilis* (Bs) e do molibdênio (Mo) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 8 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Bs dentro da interação Rt x Mo e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 2)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,678)] (análise de variância geral na Tabela 1)

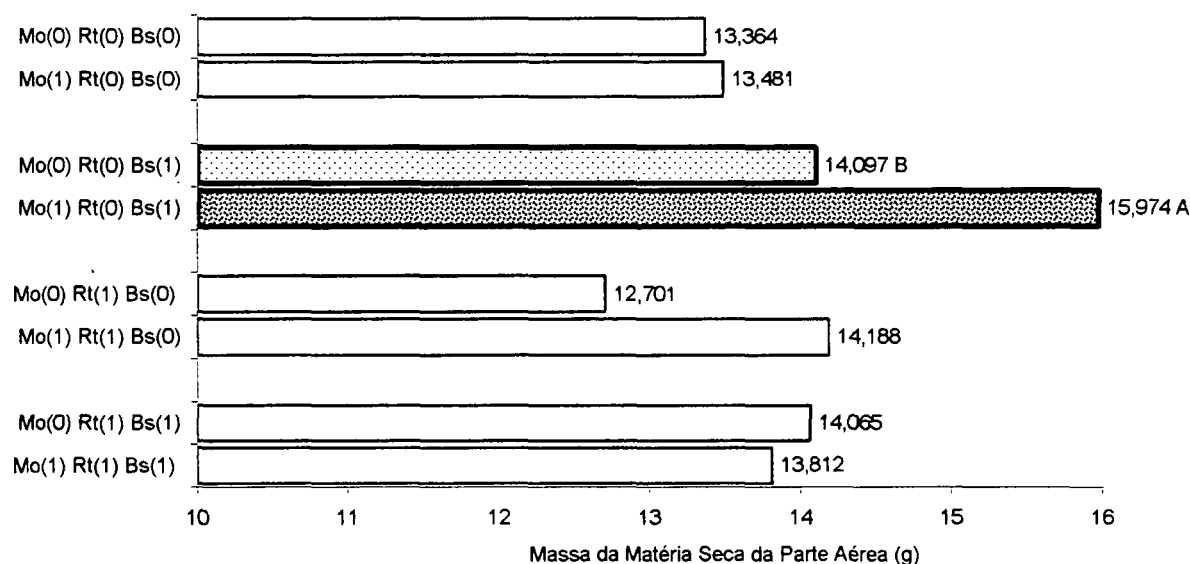


FIGURA 3 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt), do *Bacillus subtilis* (Bs) e do molibdênio (Mo) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 8 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Bs e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 3)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,678)] (análise de variância geral na Tabela 1)

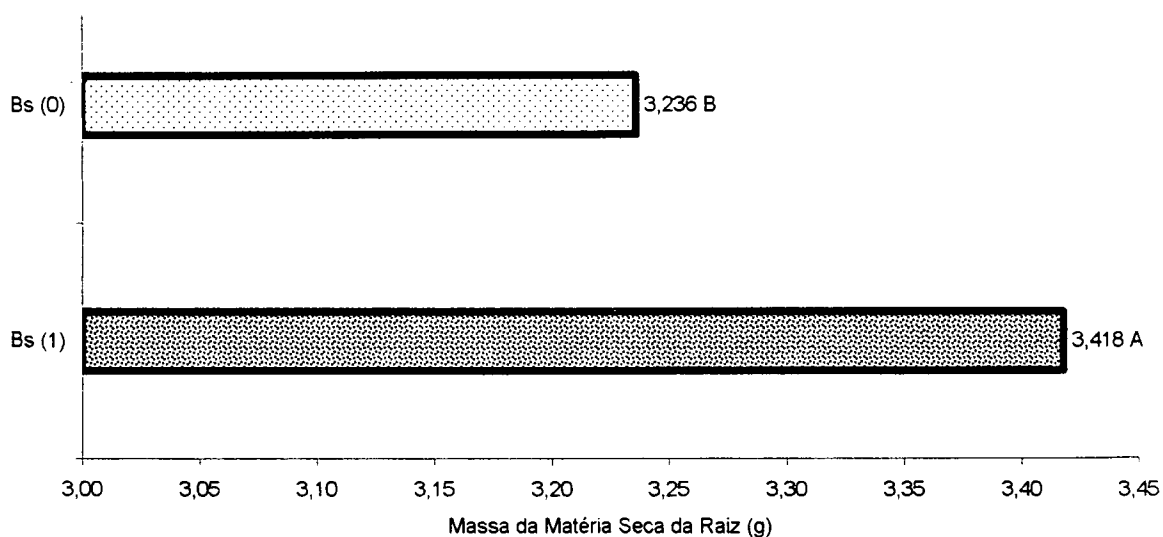


FIGURA 4 - Influência do *Bacillus subtilis* (Bs) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca da raiz do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,139)] (análise de variância na Tabela 1)

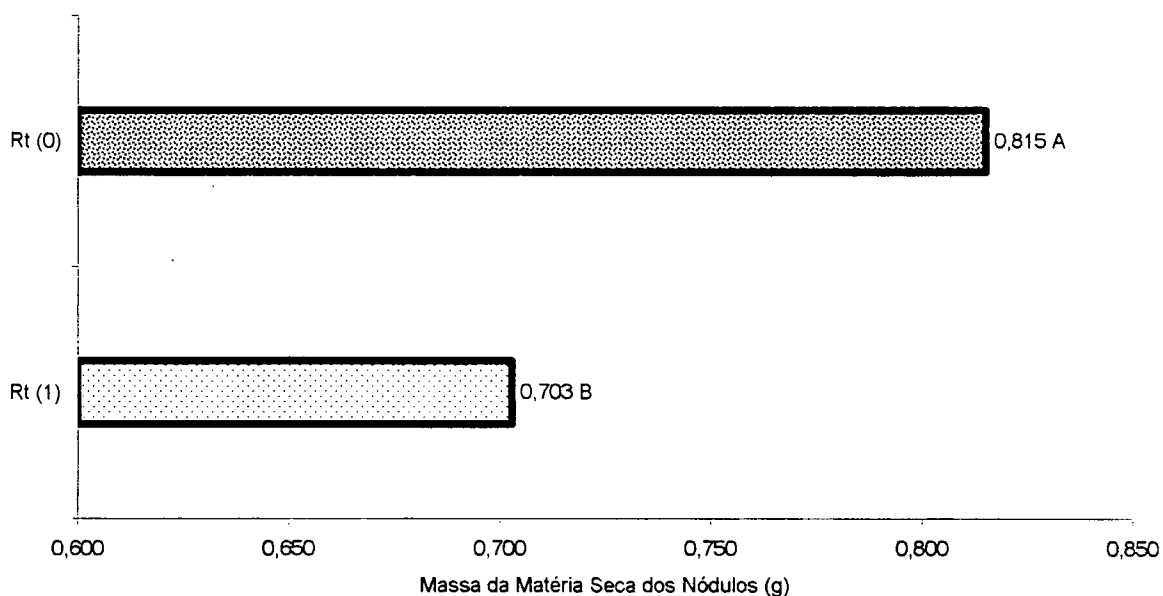


FIGURA 5 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca dos nódulos do feijoeiro da variedade FT Bionobre Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,087)] (análise de variância na Tabela 1)

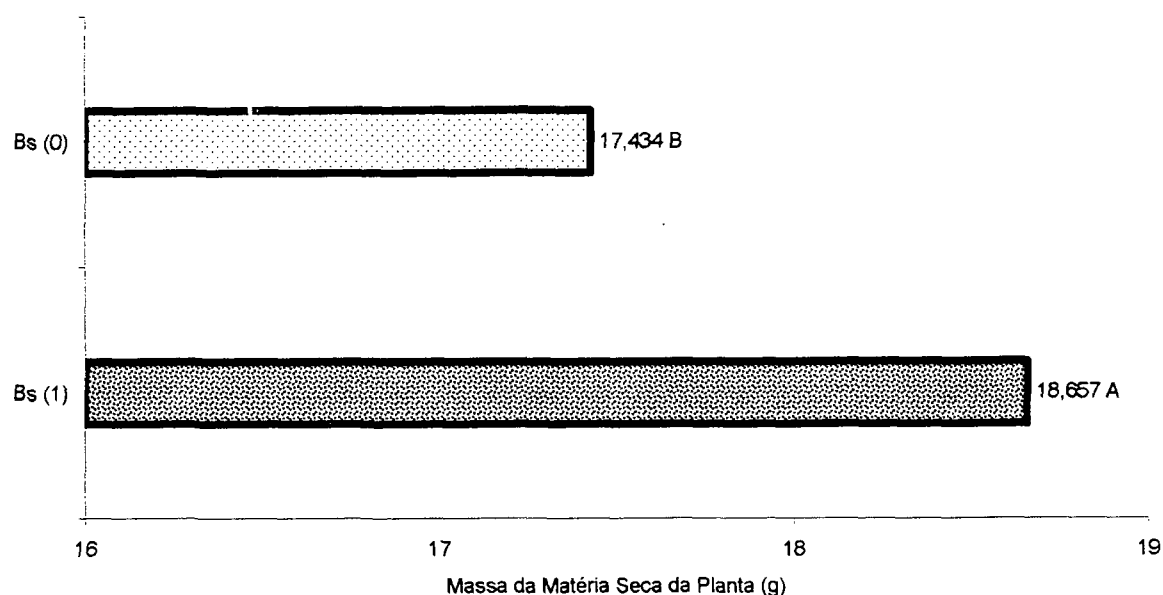


FIGURA 6 - Influência do *Bacillus subtilis* (Bs) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca total do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,954)] (análise de variância na Tabela 1)

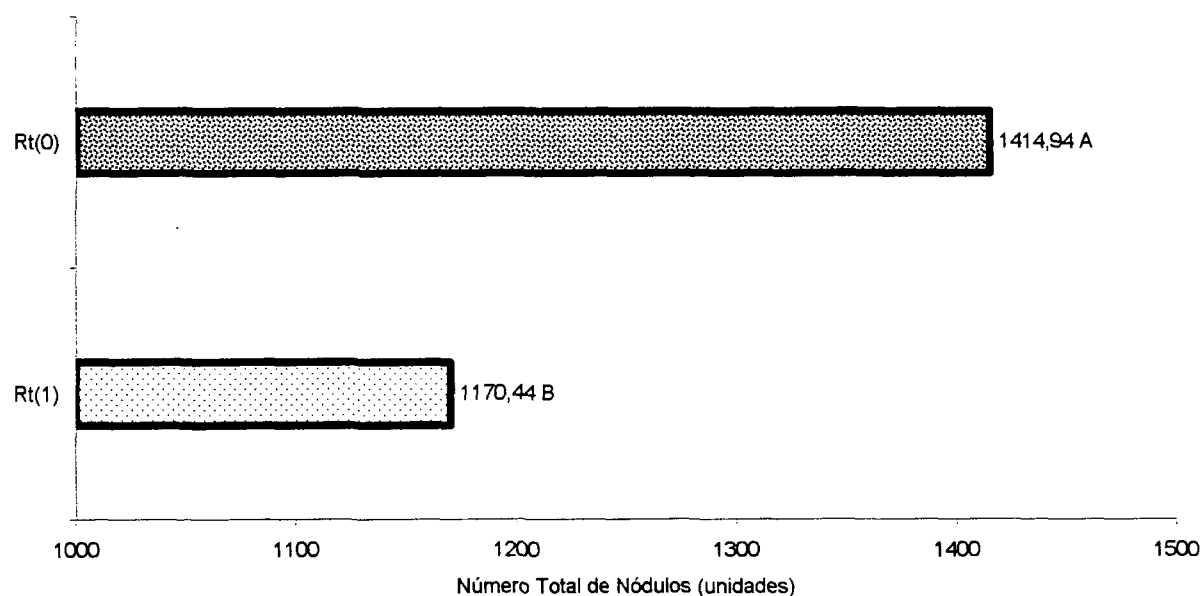


FIGURA 7 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número total de nódulos do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 154,12)] (análise de variância na Tabela 1)

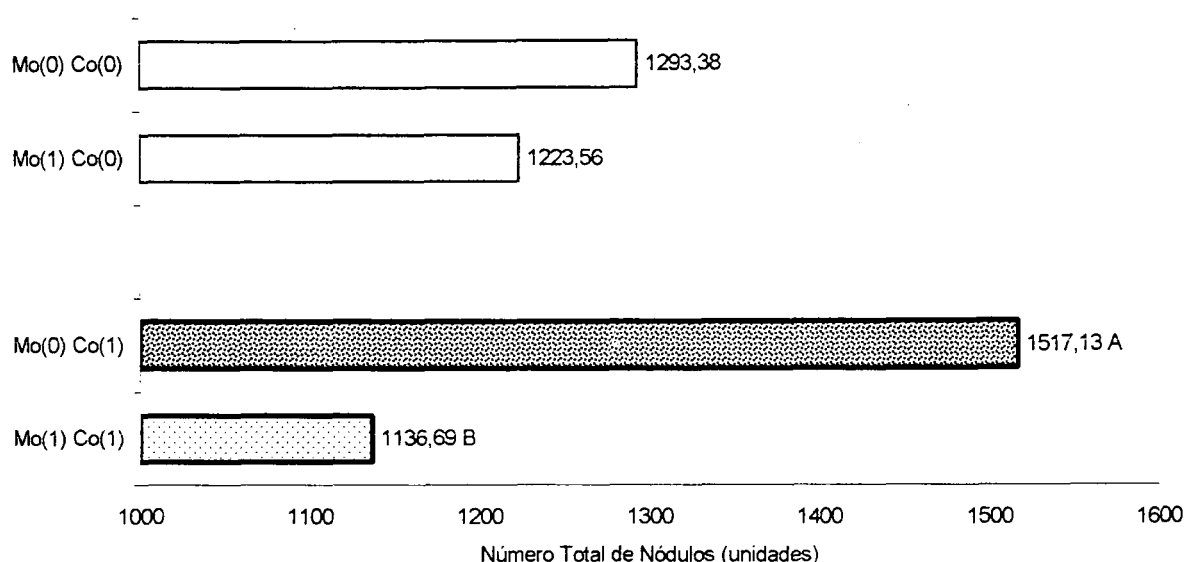


FIGURA 8 - Influência do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co), em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número total de nódulos do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Mo dentro do Co e destacando a comparação de médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 4)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 217,96)] (análise de variância geral na Tabela 1)

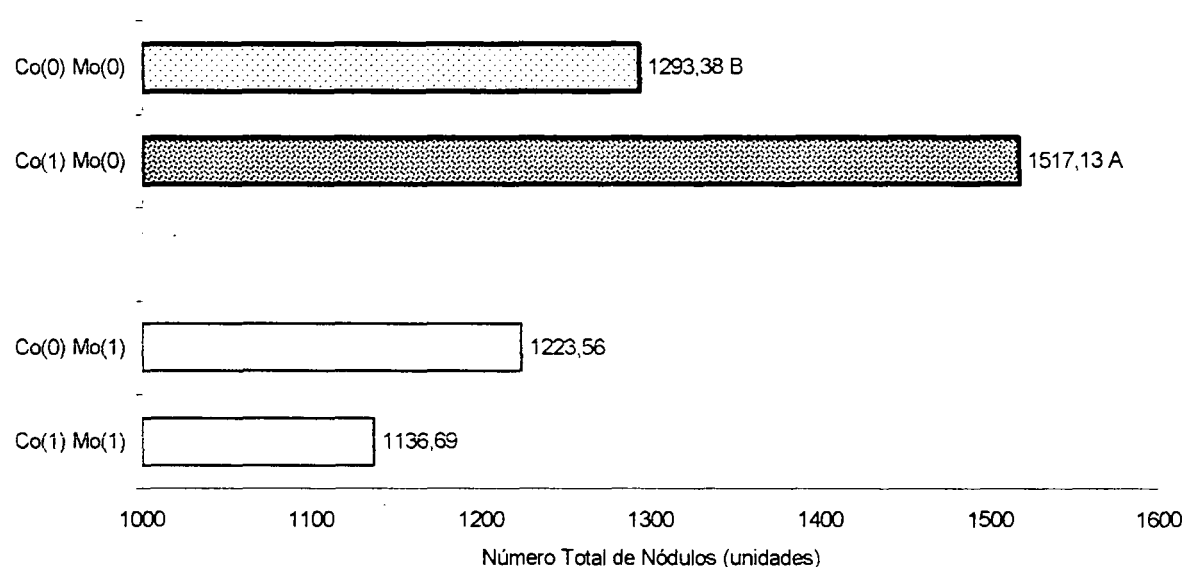


FIGURA 9 - Influência do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co), em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número total de nódulos do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Co dentro do Mo e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 5)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 217,96)] (análise de variância geral na Tabela 1)

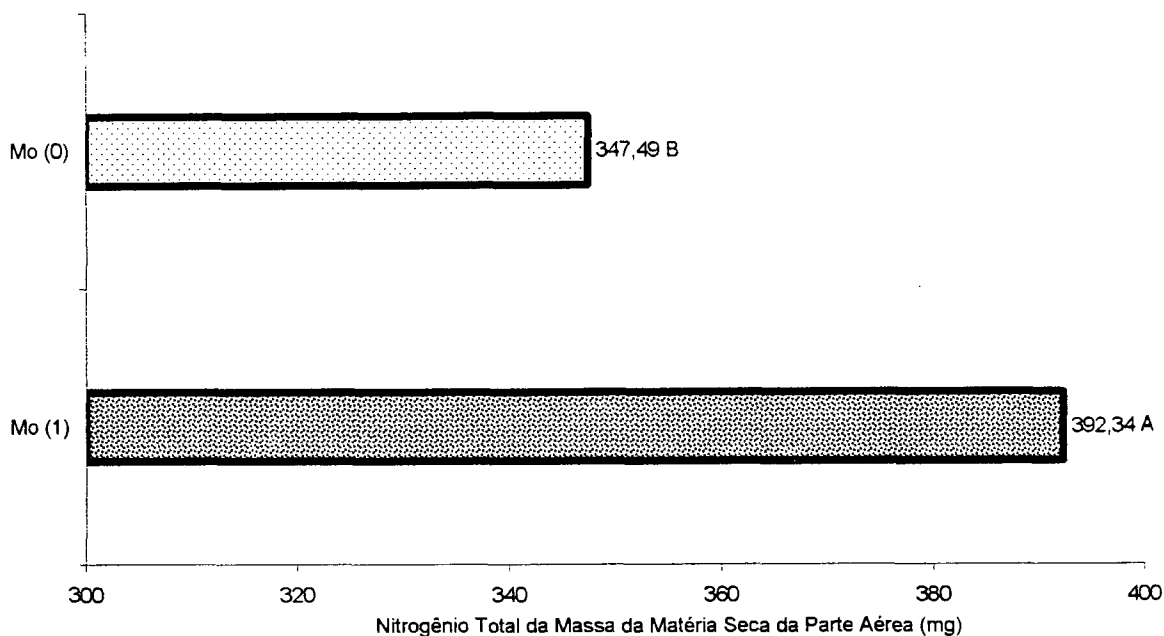


FIGURA 10 - Influência do molibdênio (Mo) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o nitrogênio total da massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 22,37)] (análise de variância na Tabela 1)

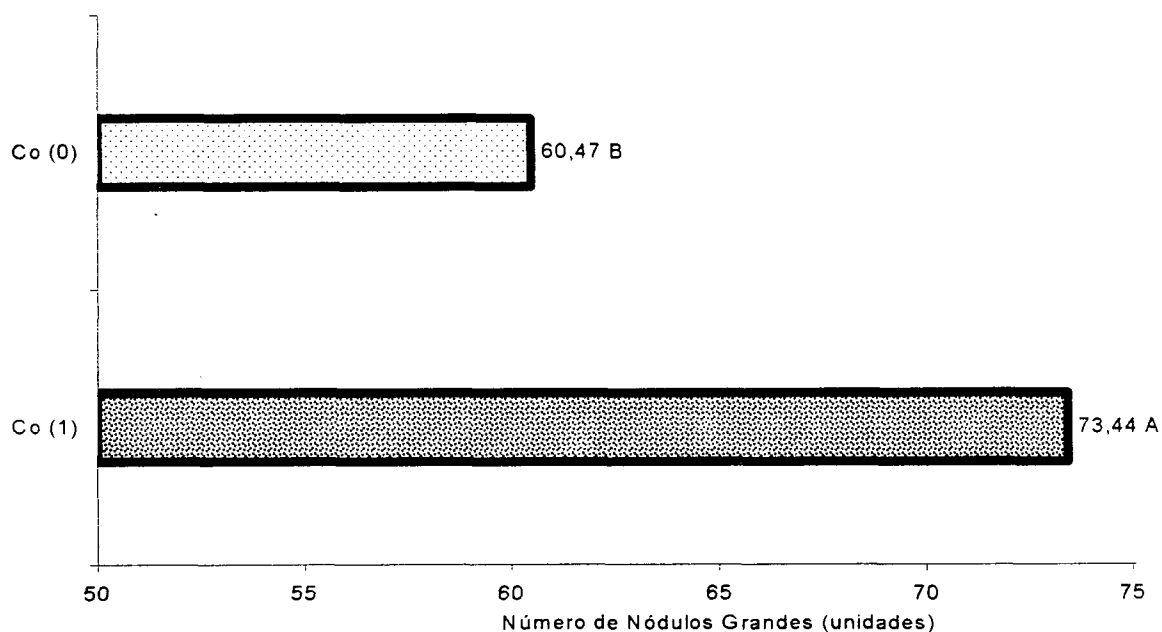


FIGURA 11 - Influência do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de nódulos grandes do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 11,70)] (análise de variância na Tabela 1)

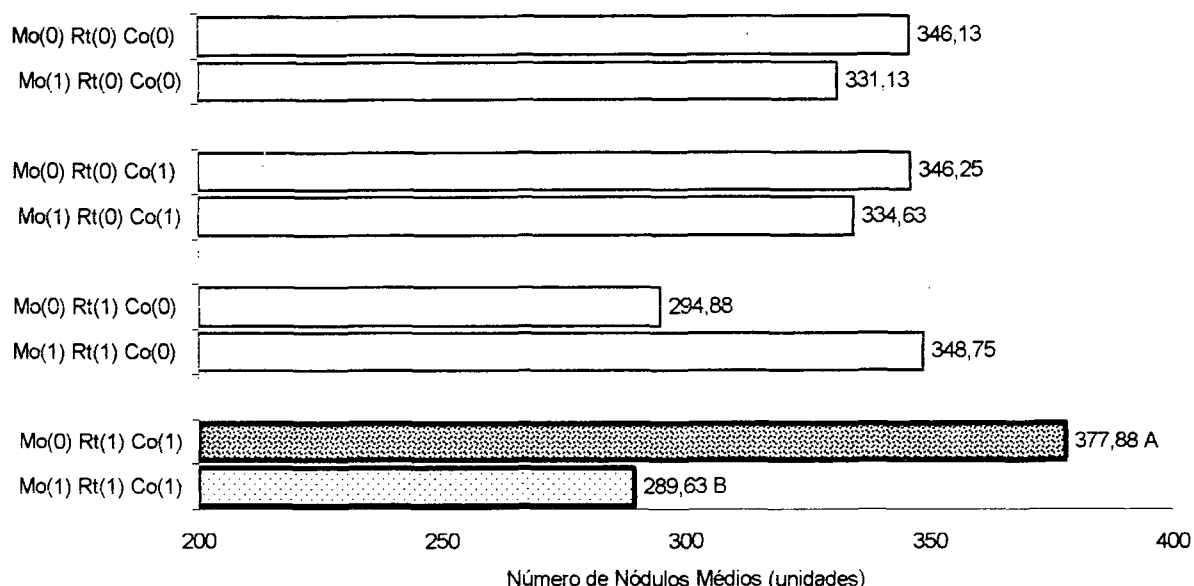


FIGURA 12 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de nódulos médios do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 8 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 7)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 69,81)] (análise de variância geral na Tabela 1)

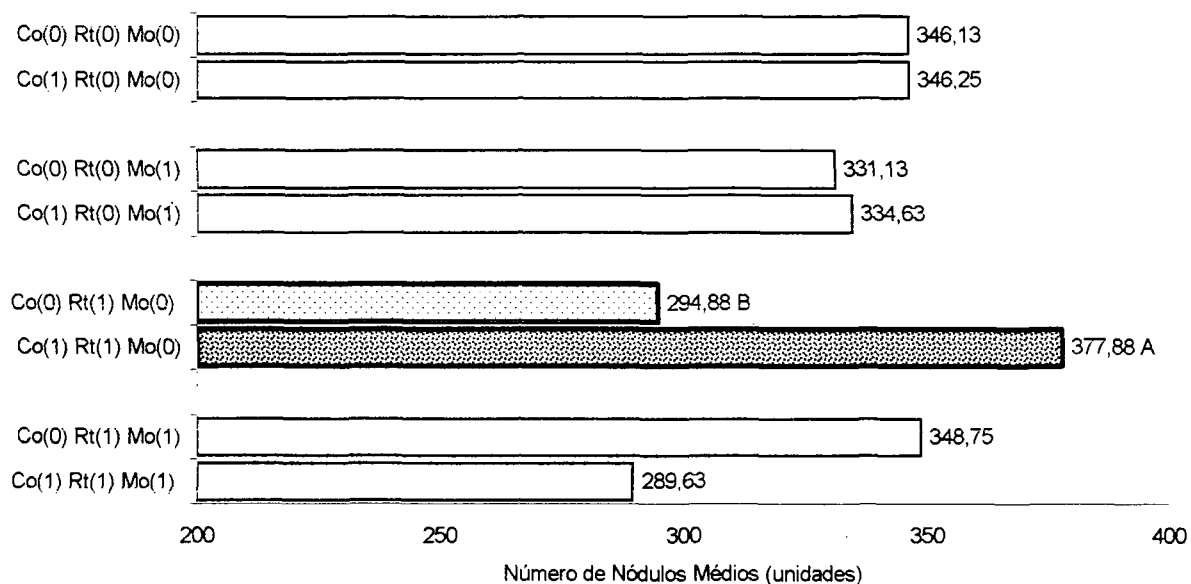


FIGURA 13 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de nódulos médios do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 8 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Co dentro da interação Rt x Mo e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 8)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 69,81)] (análise de variância geral na Tabela 1)

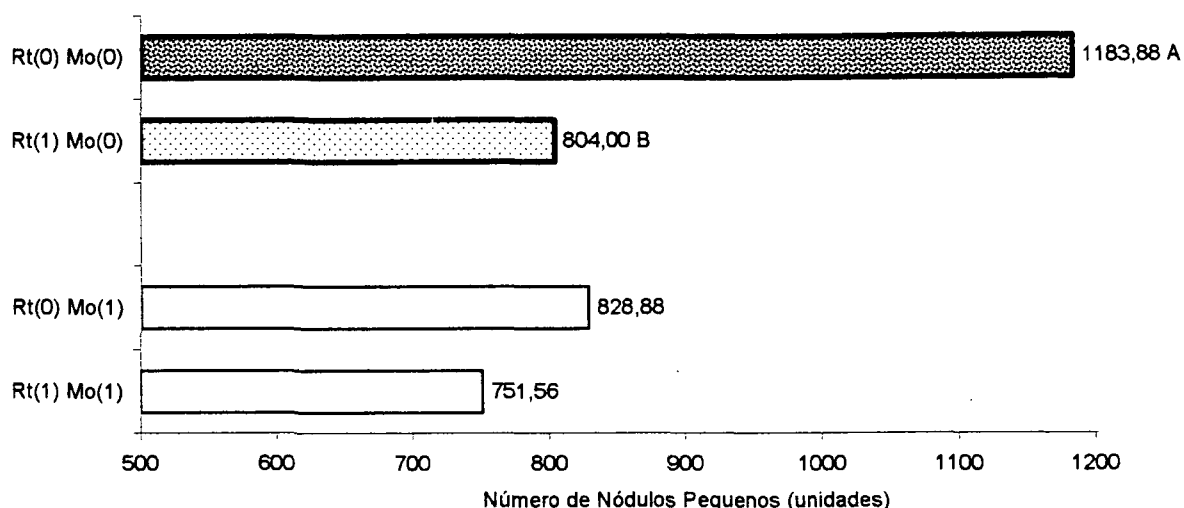


FIGURA 14 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt) e do molibdênio (Mo) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de nódulos pequenos do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Rt dentro do Mo e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 9)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 194,49)] (análise de variância geral na Tabela 1)

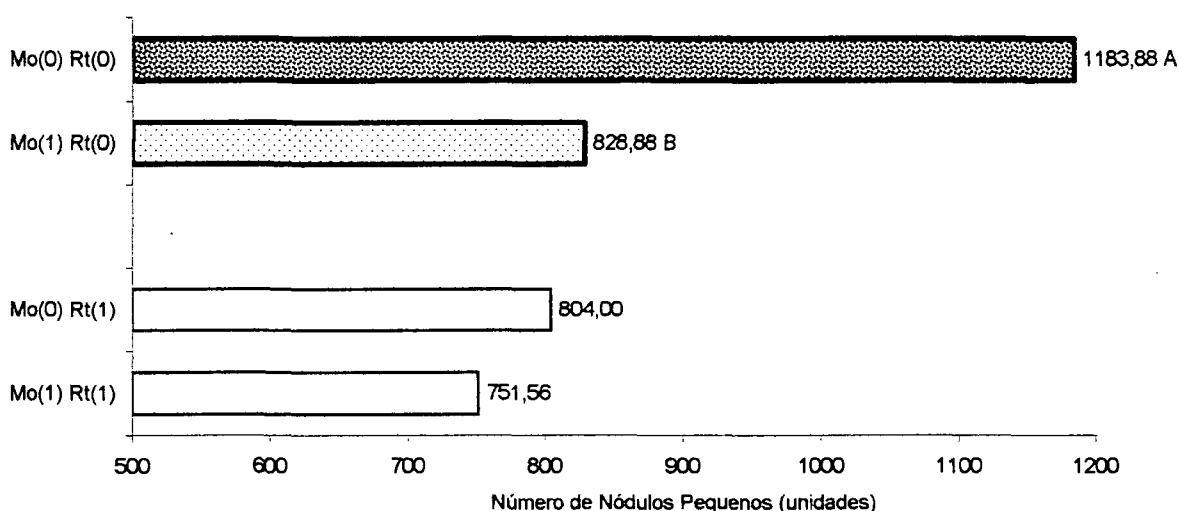


FIGURA 15 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt) e do molibdênio (Mo) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de nódulos pequenos do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Mo dentro do Rt e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 10)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 194,49)] (análise de variância geral na Tabela 1)

Não houve qualquer desdobramento significativo ( $F: p \leq 0,05$ ) para o efeitos do Rt dt (Mo x Co) na variável Número de Nódulos Médios (Anexo 6).



TABELA 1 - Análise de variância do Experimento 1 (feijoeiro, variedade FT Bionobre), Curitiba, PR, 2001

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio									
		MMSPA <sup>(1)</sup>	MMSR <sup>(2)</sup>	MMSN <sup>(3)</sup>	MMSP <sup>(4)</sup>	NTN <sup>(5)</sup>	MMSMUN <sup>(6)</sup>	NTMMSPA <sup>(7)</sup>	NNG <sup>(8)</sup>	NNM <sup>(9)</sup>	NNP <sup>(10)</sup>
<i>Rhizobium tropici</i> (Rt)	1	4,623 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,201*	6,419 <sup>ns</sup>	956484,000**	0,004 <sup>ns</sup>	5772,771 <sup>ns</sup>	276,391 <sup>ns</sup>	2209,000 <sup>ns</sup>	836081,641**
<i>Bacillus subtilis</i> (Bs)	1	17,766*	0,530*	0,003 <sup>ns</sup>	23,940*	1482,250 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	5277,841 <sup>ns</sup>	192,516 <sup>ns</sup>	4692,250 <sup>ns</sup>	260,016 <sup>ns</sup>
Molibdênio (Mo)	1	10,417 <sup>ns</sup>	0,101 <sup>ns</sup>	0,065 <sup>ns</sup>	10,827 <sup>ns</sup>	810900,250**	0,035 <sup>ns</sup>	32184,809***	606,391 <sup>ns</sup>	3721,000 <sup>ns</sup>	664021,266**
Cobalto (Co)	1	0,294 <sup>ns</sup>	0,143 <sup>ns</sup>	0,114 <sup>ns</sup>	0,251 <sup>ns</sup>	74939,063 <sup>ns</sup>	0,022 <sup>ns</sup>	1195,517 <sup>ns</sup>	2691,016*	756,250 <sup>ns</sup>	37781,641 <sup>ns</sup>
Rt x Bs	1	5,006 <sup>ns</sup>	0,044 <sup>ns</sup>	0,025 <sup>ns</sup>	6,790 <sup>ns</sup>	142506,250 <sup>ns</sup>	<0,001 <sup>ns</sup>	48,389 <sup>ns</sup>	500,641 <sup>ns</sup>	217,563 <sup>ns</sup>	115855,141 <sup>ns</sup>
Rt x Mo	1	0,578 <sup>ns</sup>	0,078 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	0,902 <sup>ns</sup>	336400,000 <sup>ns</sup>	0,020 <sup>ns</sup>	231,610 <sup>ns</sup>	301,891 <sup>ns</sup>	60,063 <sup>ns</sup>	366176,266*
Rt x Co	1	0,697 <sup>ns</sup>	0,272 <sup>ns</sup>	0,023 <sup>ns</sup>	1,453 <sup>ns</sup>	1958,063 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	3384,767 <sup>ns</sup>	293,266 <sup>ns</sup>	410,063 <sup>ns</sup>	47,266 <sup>ns</sup>
Bs x Mo	1	<0,001 <sup>ns</sup>	0,040 <sup>ns</sup>	0,013 <sup>ns</sup>	0,087 <sup>ns</sup>	67081,000 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	2302,200 <sup>ns</sup>	213,891 <sup>ns</sup>	351,563 <sup>ns</sup>	64961,266 <sup>ns</sup>
Bs x Co	1	0,286 <sup>ns</sup>	0,161 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	142695,063 <sup>ns</sup>	0,010 <sup>ns</sup>	1105,479 <sup>ns</sup>	456,891 <sup>ns</sup>	3510,563 <sup>ns</sup>	88283,266 <sup>ns</sup>
Mo x Co	1	4,829 <sup>ns</sup>	0,095 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	3,327 <sup>ns</sup>	385951,563*	0,056 <sup>ns</sup>	757,419 <sup>ns</sup>	62,016 <sup>ns</sup>	19251,563 <sup>ns</sup>	225268,891 <sup>ns</sup>
Rt x Bs x Mo	1	12,233*	0,011 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	12,353 <sup>ns</sup>	275625,000 <sup>ns</sup>	0,019 <sup>ns</sup>	5815,016 <sup>ns</sup>	9,766 <sup>ns</sup>	4556,250 <sup>ns</sup>	212175,391 <sup>ns</sup>
Rt x Bs x Co	1	0,092 <sup>ns</sup>	0,082 <sup>ns</sup>	0,031 <sup>ns</sup>	0,036 <sup>ns</sup>	190750,563 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	210,286 <sup>ns</sup>	4,516 <sup>ns</sup>	8190,250 <sup>ns</sup>	118422,016 <sup>ns</sup>
Rt x Mo x Co	1	7,480 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,057 <sup>ns</sup>	6,074 <sup>ns</sup>	102880,563 <sup>ns</sup>	<0,001 <sup>ns</sup>	1966,590 <sup>ns</sup>	192,516 <sup>ns</sup>	21170,250*	35768,266 <sup>ns</sup>
Bs x Mo x Co	1	3,534 <sup>ns</sup>	0,014 <sup>ns</sup>	0,024 <sup>ns</sup>	3,669 <sup>ns</sup>	75213,063 <sup>ns</sup>	<0,001 <sup>ns</sup>	6812,233 <sup>ns</sup>	284,766 <sup>ns</sup>	2256,250 <sup>ns</sup>	59353,141 <sup>ns</sup>
Rt x Bs x Mo x Co	1	0,797 <sup>ns</sup>	0,059 <sup>ns</sup>	0,040 <sup>ns</sup>	0,203 <sup>ns</sup>	261888,063 <sup>ns</sup>	0,010 <sup>ns</sup>	9,098 <sup>ns</sup>	2,641 <sup>ns</sup>	8602,563 <sup>ns</sup>	174201,891 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	2,786	0,077	0,030	3,605	94013,771	0,016	1980,455	541,911	4821,979	74854,526
CV (%)		11,957	8,355	23,015	10,521	23,719	20,938	12,030	34,769	20,812	30,669
$\chi^2$		15,570 <sup>ns</sup>	15,478 <sup>ns</sup>	9,196 <sup>ns</sup>	18,005 <sup>ns</sup>	21,928 <sup>ns</sup>	22,211 <sup>ns</sup>	11,104 <sup>ns</sup>	18,273 <sup>ns</sup>	16,554 <sup>ns</sup>	21,614 <sup>ns</sup>

ns F não significativo

\* F significativo a 5%

\*\* F significativo a 1%

\*\*\* F significativo a 0,1%

CV Coeficiente de Variação

 $\chi^2$  Teste de Bartlett

(1) Massa da Matéria Seca da Parte Aérea

(2) Massa da Matéria Seca da Raiz

(3) Massa da Matéria Seca dos Nódulos

(4) Massa da Matéria Seca da Planta

(5) Número Total de Nódulos

(6) Massa da Matéria Seca Média Unitária dos Nódulos

(7) Nitrogênio Total da Massa da Matéria Seca da Parte Aérea

(8) Número de Nódulos Grandes (N ≥ 3,35 mm)

(9) Número de Nódulos Médios (2,00 mm ≤ N &lt; 3,35 mm)

(10) Número de Nódulos Pequenos (N &lt; 2 mm)

## 4.1.2 Experimento 2

As Figuras 16 a 35 e a Tabela 2 apresentam, respectivamente, os resultados e a análise de variância do Experimento 2, desenvolvido em casa de vegetação com o feijoeiro da variedade FT Bonito (duas plantas por vaso), no qual foram avaliados, aos 40 dias após a semeadura (estádio R<sub>6</sub>), os efeitos isolados e combinados do *Rhizobium tropici* (Rt), do *Bacillus subtilis* (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) todos em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre as mesmas variáveis avaliadas no Experimento 1.

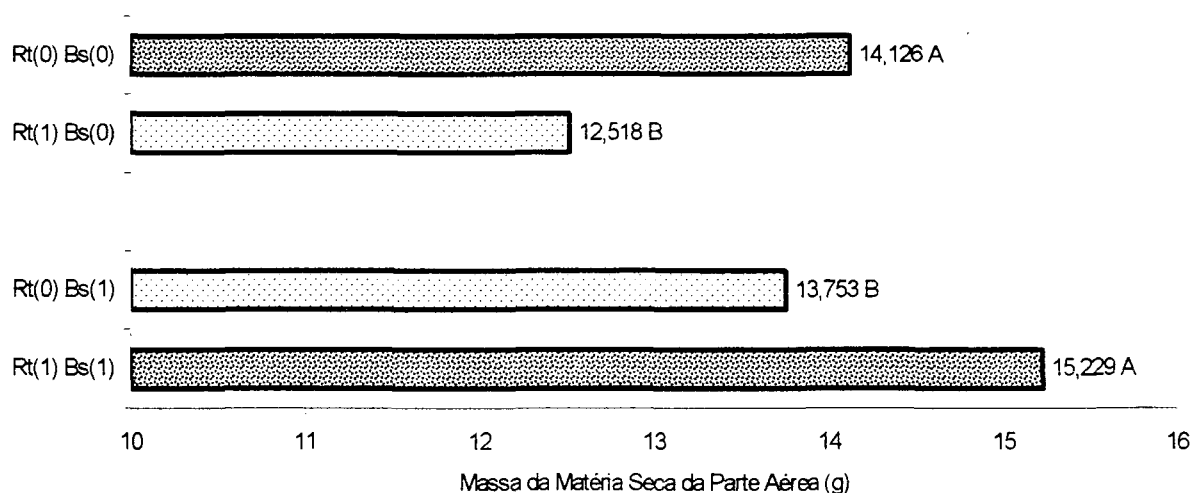


FIGURA 16 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt) e do *Bacillus subtilis* (Bs) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Rt dentro do Bs e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 11)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,376)] (análise de variância geral na Tabela 2)

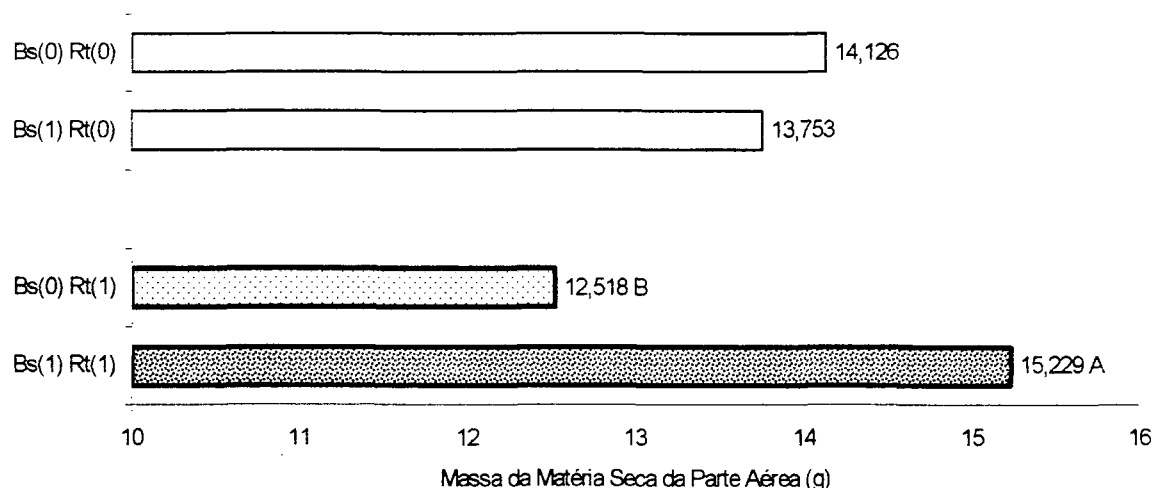


FIGURA 17 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt) e do *Bacillus subtilis* (Bs) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Bs dentro do Rt e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 12)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,376)] (análise de variância geral na Tabela 2)

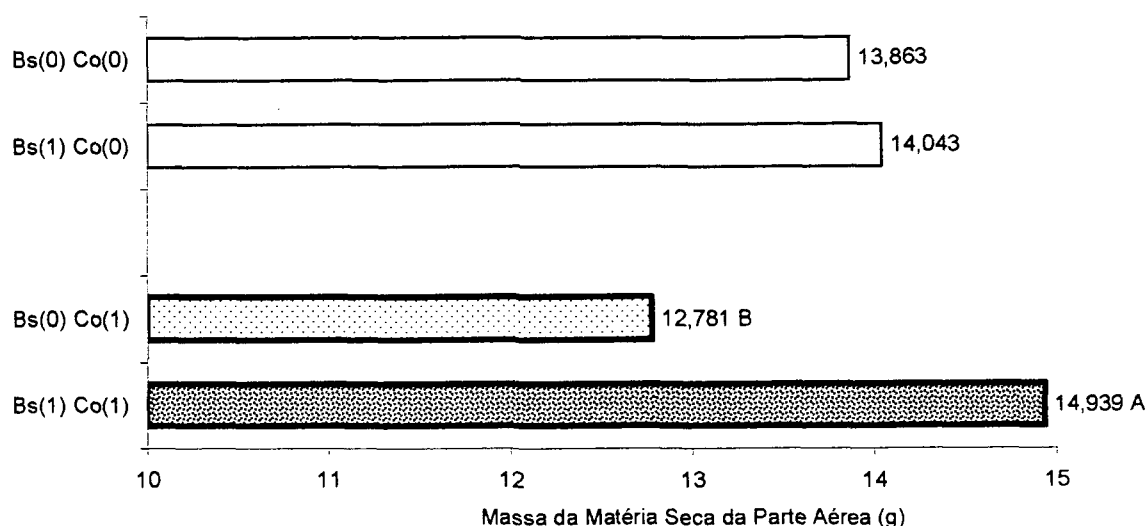


FIGURA 18 - Influência do *Bacillus subtilis* (Bs) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Bs dentro do Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 13)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,376)] (análise de variância geral na Tabela 2)

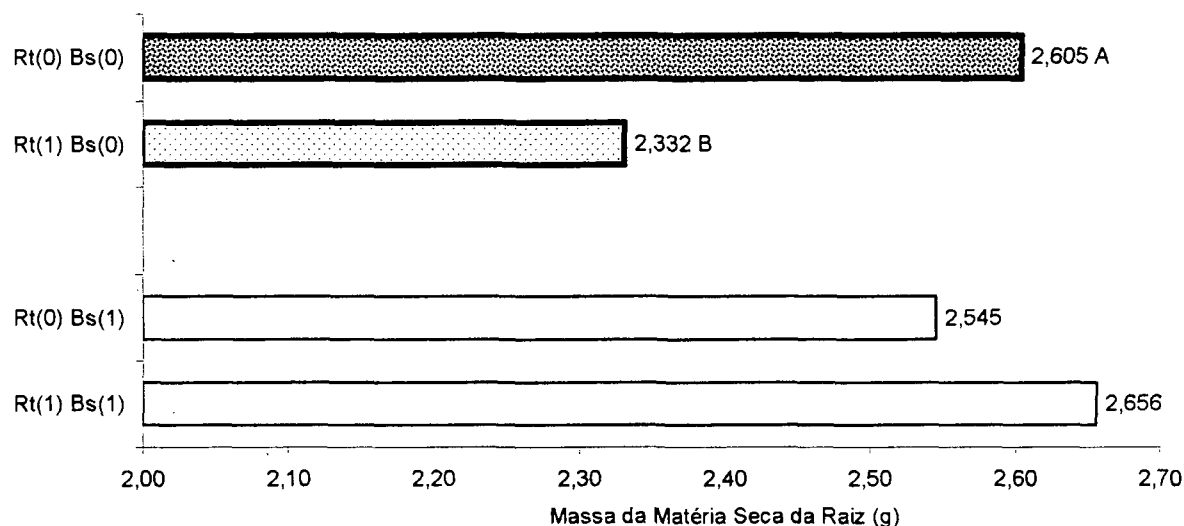


FIGURA 19 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt) e do *Bacillus subtilis* (Bs) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca da raiz do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Rt dentro do Bs e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 15)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,247)] (análise de variância geral na Tabela 2)

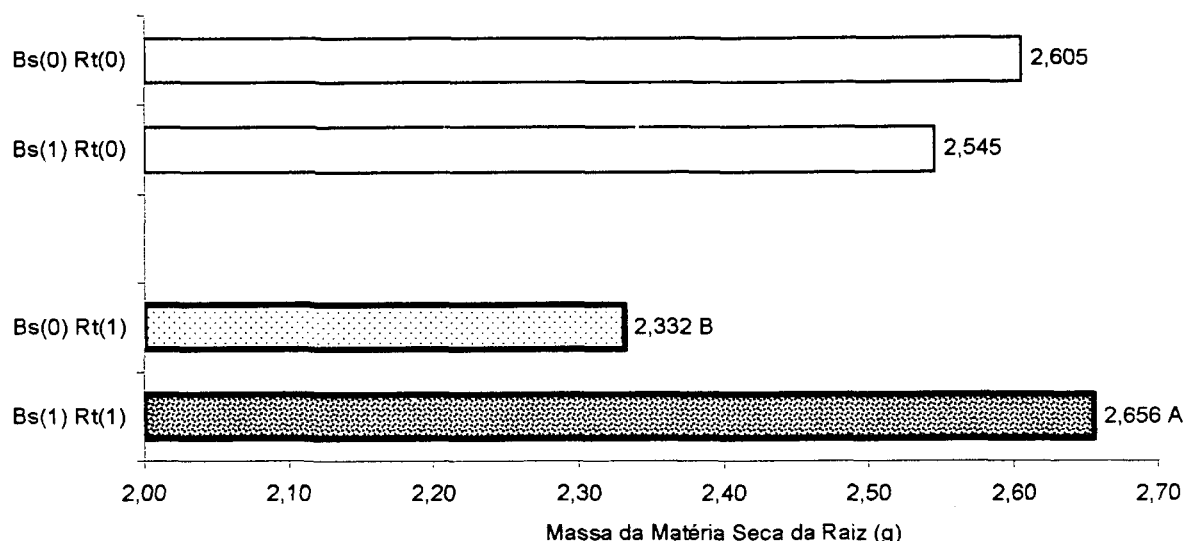


FIGURA 20 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt) e do *Bacillus subtilis* (Bs) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca da raiz do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Bs dentro do Rt e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 16)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,247)] (análise de variância geral na Tabela 2)

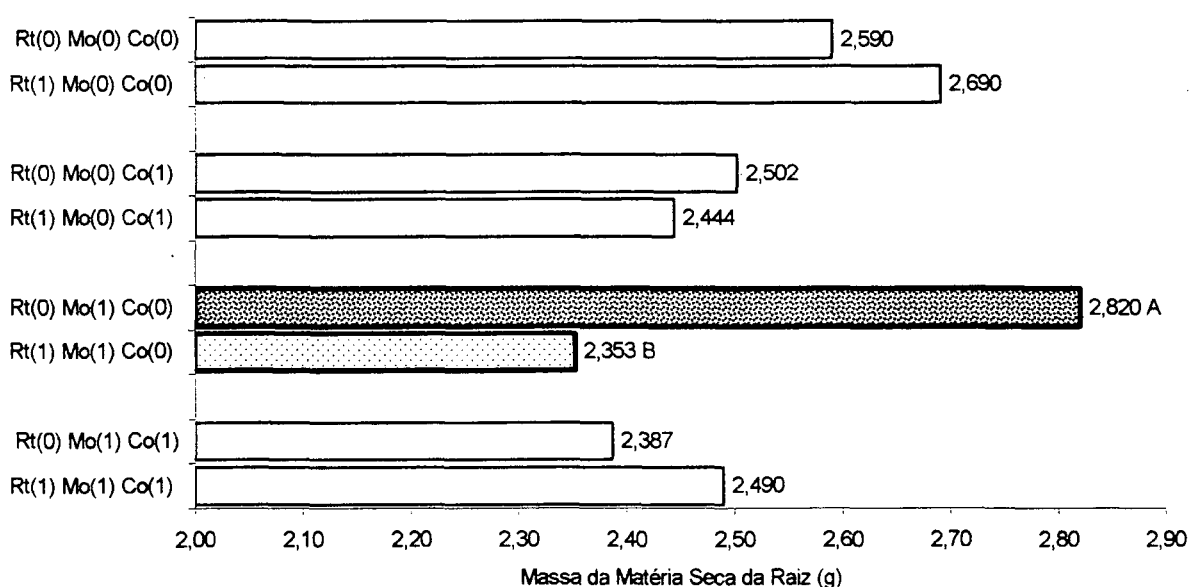


FIGURA 21 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca da raiz do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 8 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Rt dentro da interação Mo x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 17)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,350)] (análise de variância geral na Tabela 2)

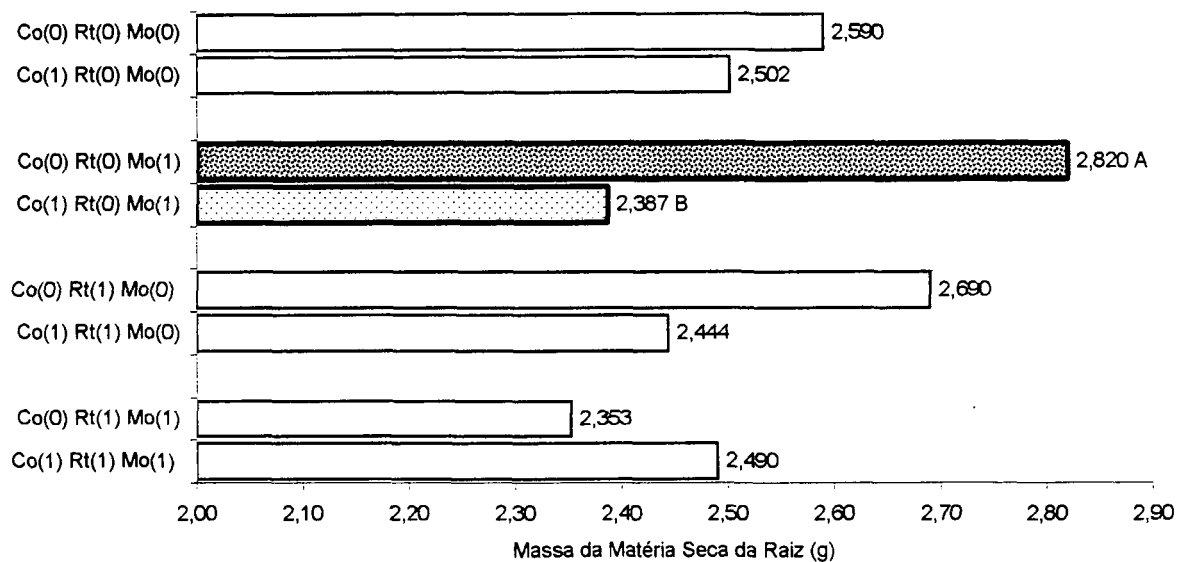


FIGURA 22 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca da raiz do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 8 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Co dentro da interação Rt x Mo e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 19)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,350)] (análise de variância geral na Tabela 2)

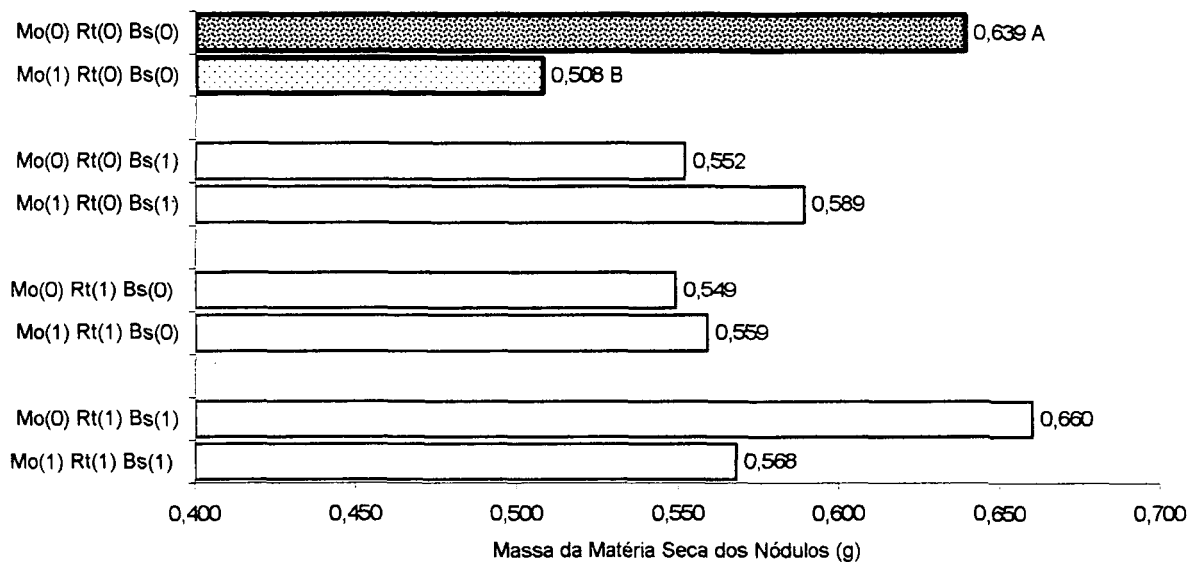


FIGURA 23 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt), do *Bacillus subtilis* (Bs) e do molibdênio (Mo) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca dos nódulos do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 8 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Bs e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 22)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade] [d.m.s. (dados transformados em  $e^x$  com  $e \cong 2,71828$ ) = 0,216)] (análise de variância geral na Tabela 2)

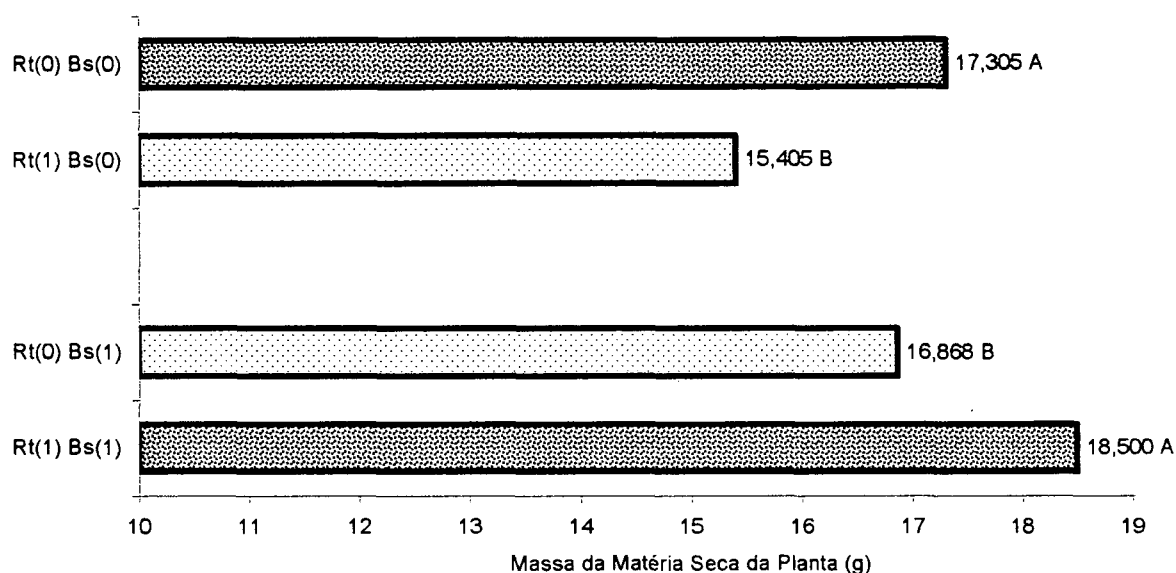


FIGURA 24 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt) e do *Bacillus subtilis* (Bs) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca total do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Rt dentro do Bs e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 23)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,578)] (análise de variância geral na Tabela 2)

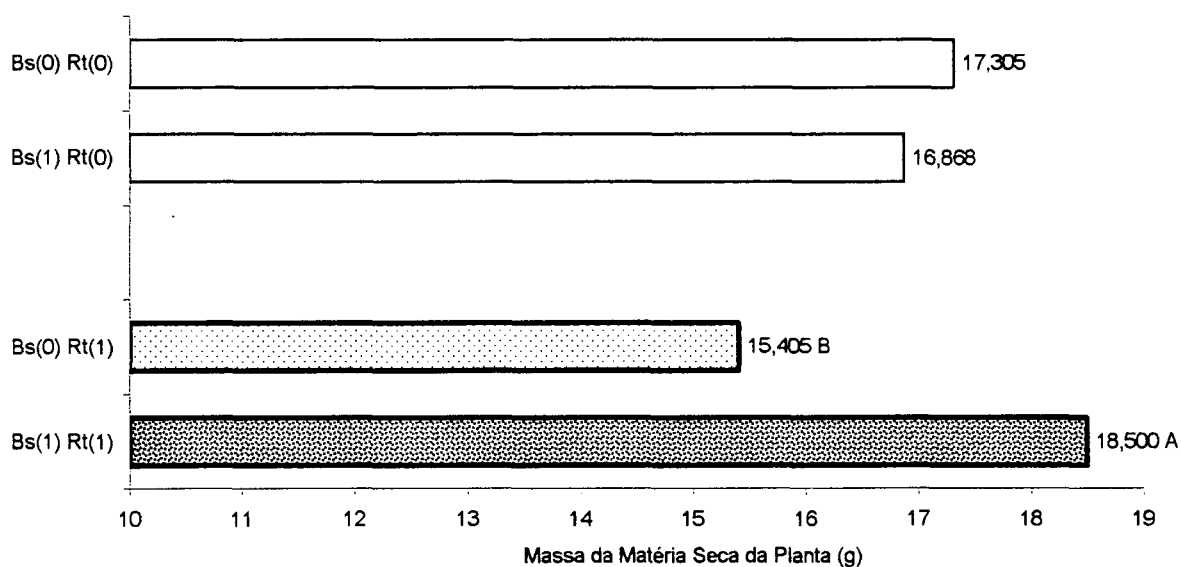


FIGURA 25 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt) e do *Bacillus subtilis* (Bs) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca total do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Bs dentro do Rt e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 24)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,578)] (análise de variância geral na Tabela 2)

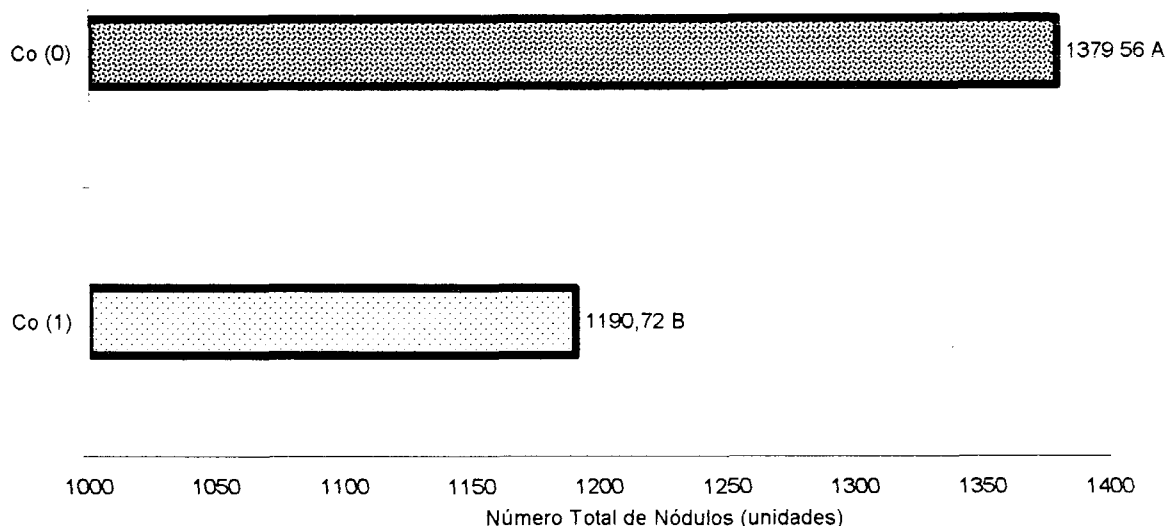


FIGURA 26 - Influência do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número total de nódulos do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 135,50)] (análise de variância na Tabela 2)

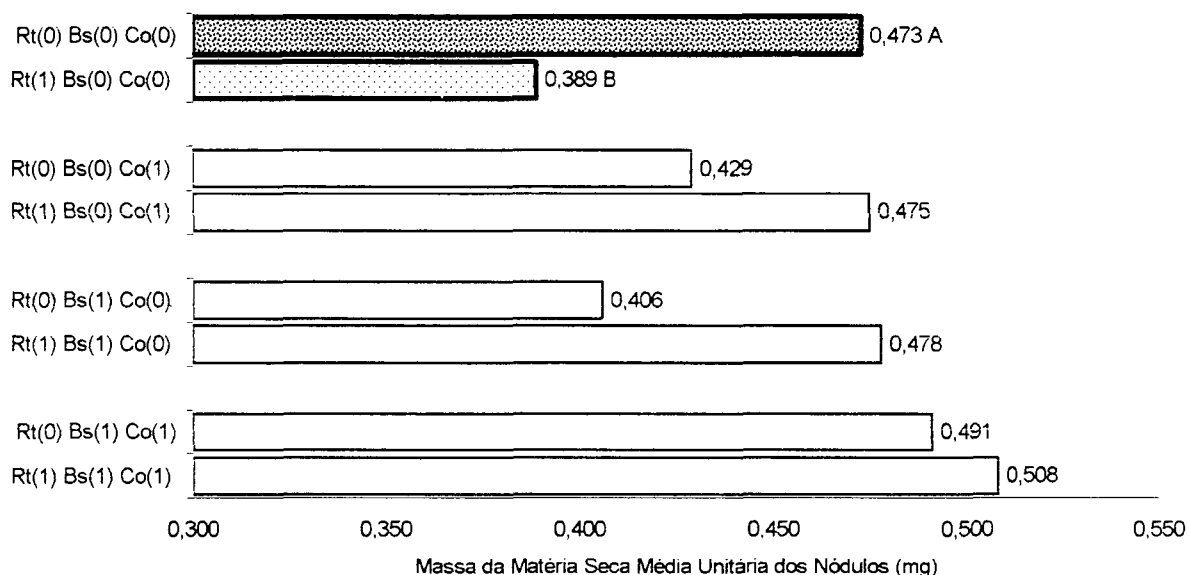


FIGURA 27 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt), do *Bacillus subtilis* (Bs) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca média unitária dos nódulos do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 8 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Rt dentro da interação Bs x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 25)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,078)] (análise de variância geral na Tabela 2)

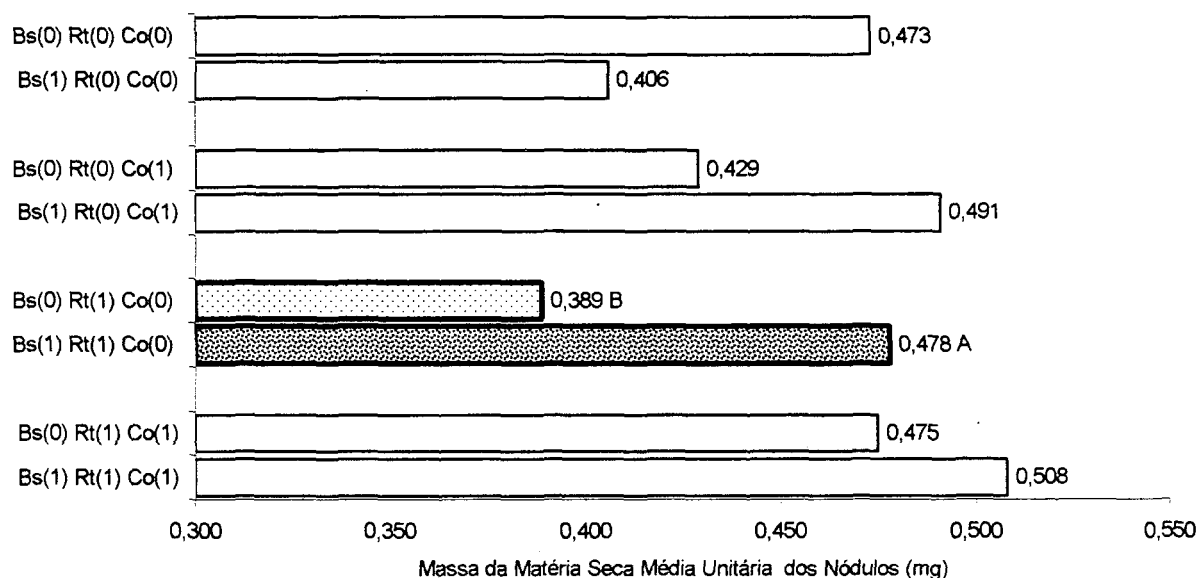


FIGURA 28 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt), do *Bacillus subtilis* (Bs) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca média unitária dos nódulos do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 8 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Bs dentro da interação Rt x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 26)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,078)] (análise de variância geral na Tabela 2)

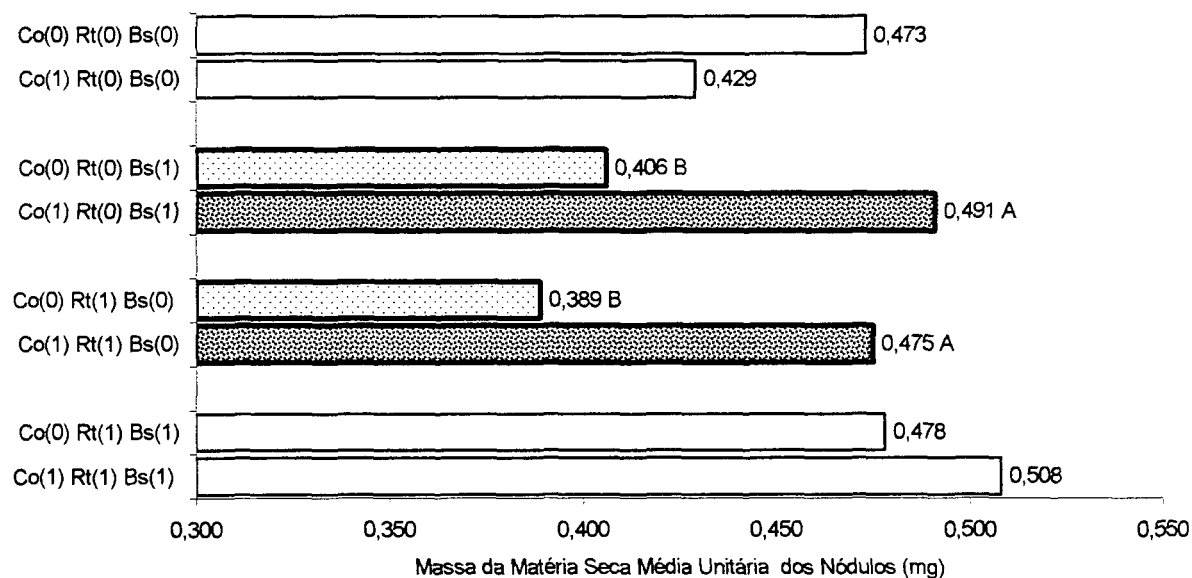


FIGURA 29 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt), do *Bacillus subtilis* (Bs) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa da matéria seca média unitária dos nódulos do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 8 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Co dentro da interação Rt x Bs e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 27)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,078)] (análise de variância geral na Tabela 2)



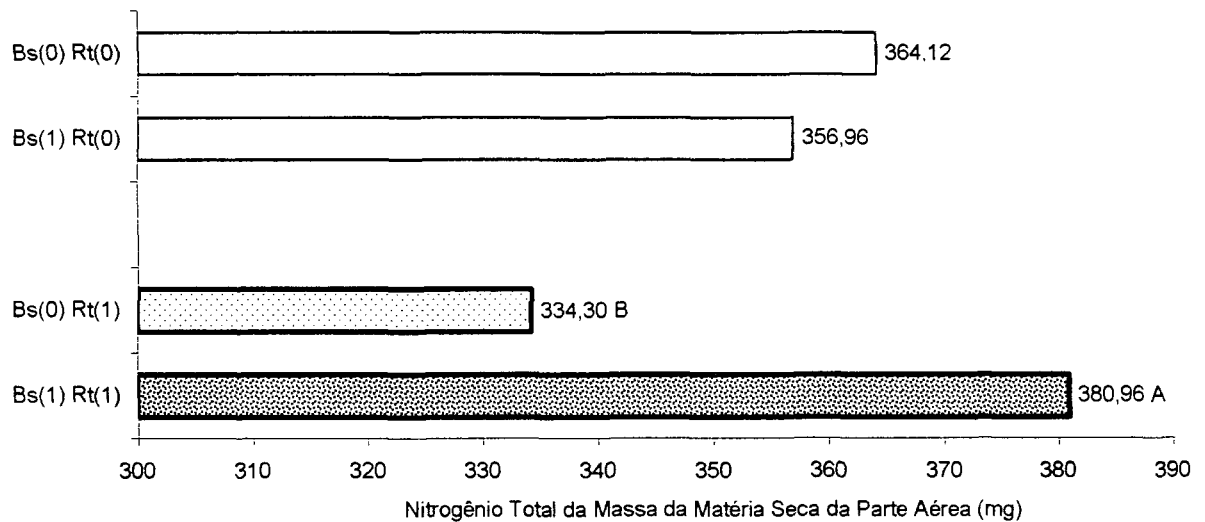


FIGURA 30 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt) e do *Bacillus subtilis* (Bs) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o nitrogênio total da massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Bs dentro do Rt e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 29)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 32,47)] (análise de variância geral na Tabela 2)

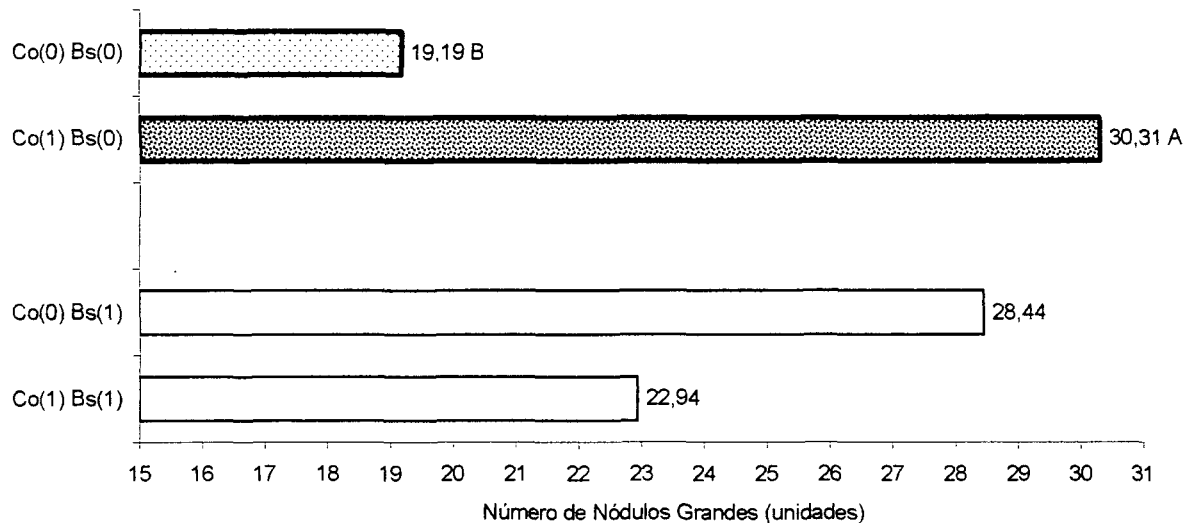


FIGURA 31 - Influência do *Bacillus subtilis* (Bs) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de nódulos grandes do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 16 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Co dentro do Bs e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 31)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade] [d.m.s. (dados transformados em  $\sqrt{X}$ ) = 1,09] (análise de variância geral na Tabela 2)

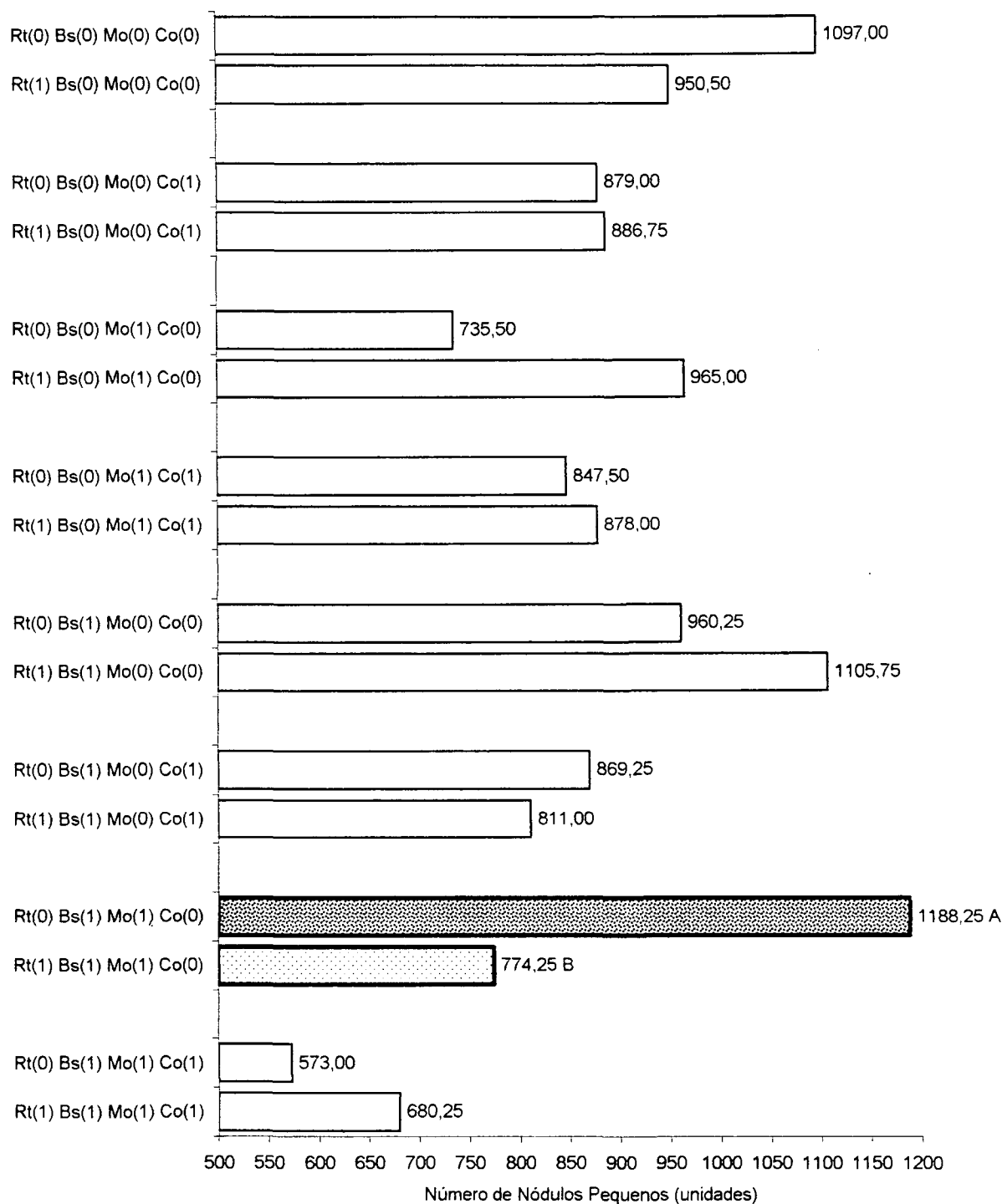


FIGURA 32 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt), do *Bacillus subtilis* (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de nódulos pequenos do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 4 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Rt dentro da interação Bs x Mo x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 32)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 358,83)] (análise de variância geral na Tabela 2)

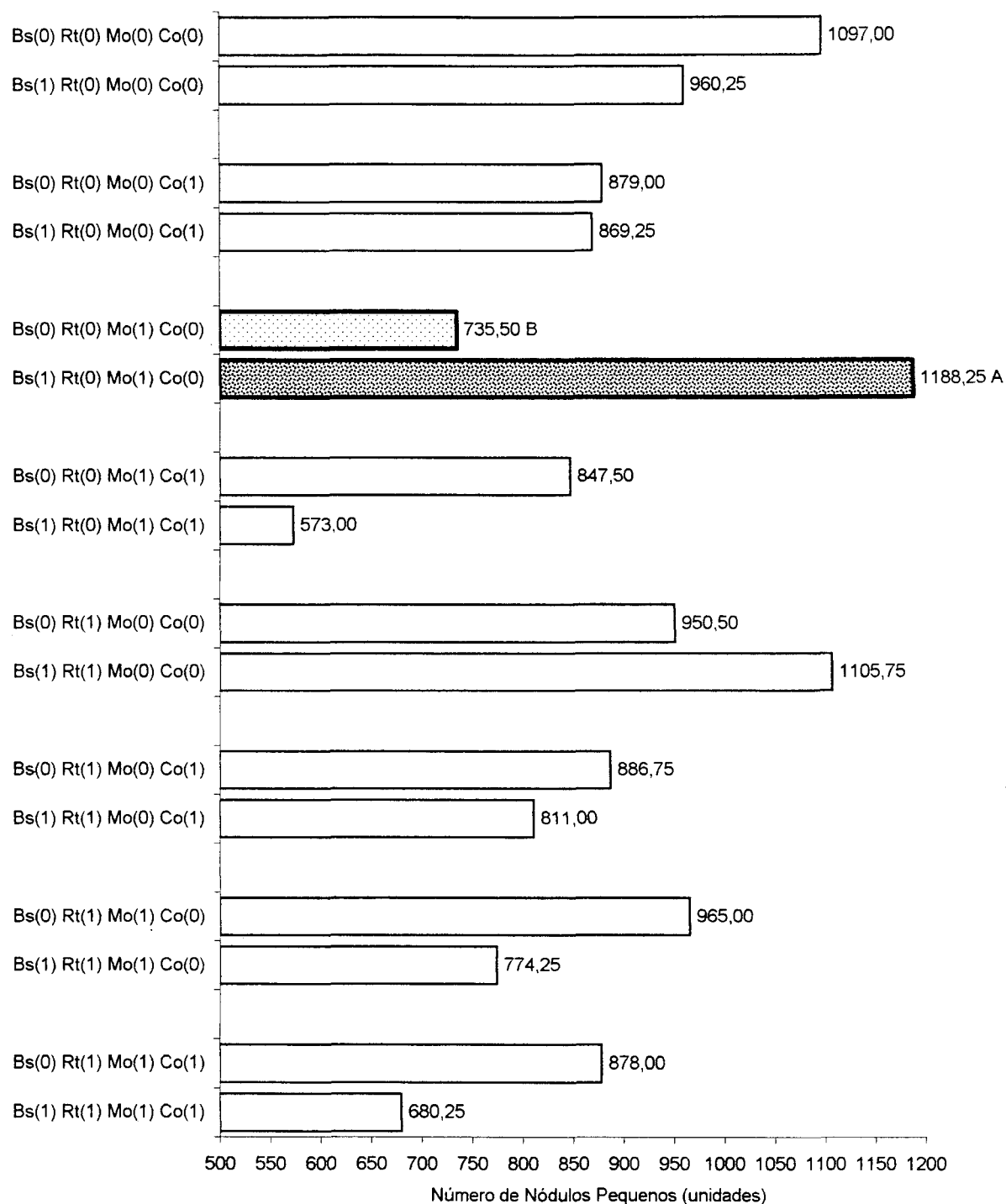


FIGURA 33 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt), do *Bacillus subtilis* (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de nódulos pequenos do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 4 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Bs dentro da interação Rt x Mo x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 33)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 358,83)] (análise de variância geral na Tabela 2)

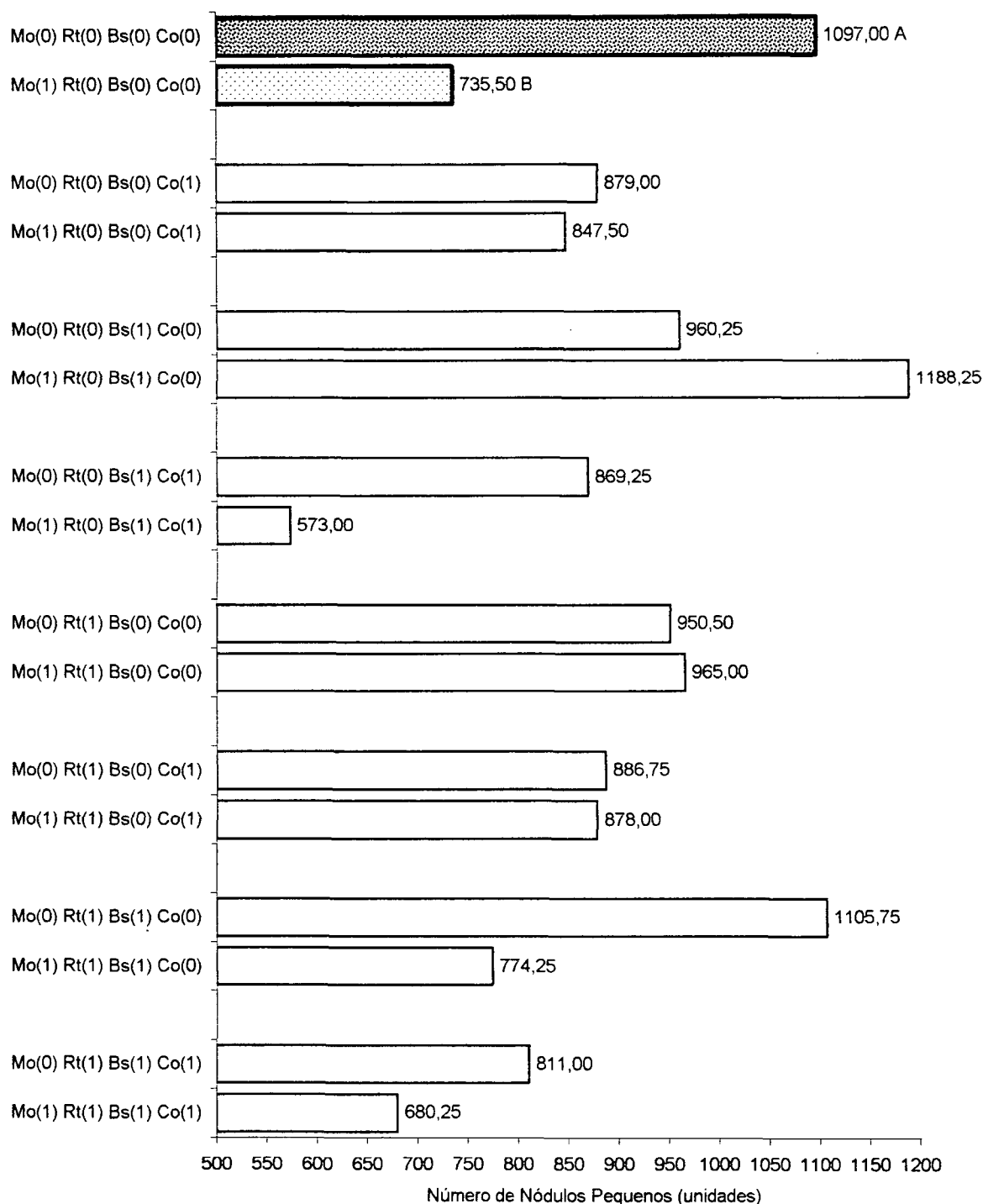


FIGURA 34 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt), do *Bacillus subtilis* (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de nódulos pequenos do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 4 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Bs x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 34)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 358,83)] (análise de variância geral na Tabela 2)

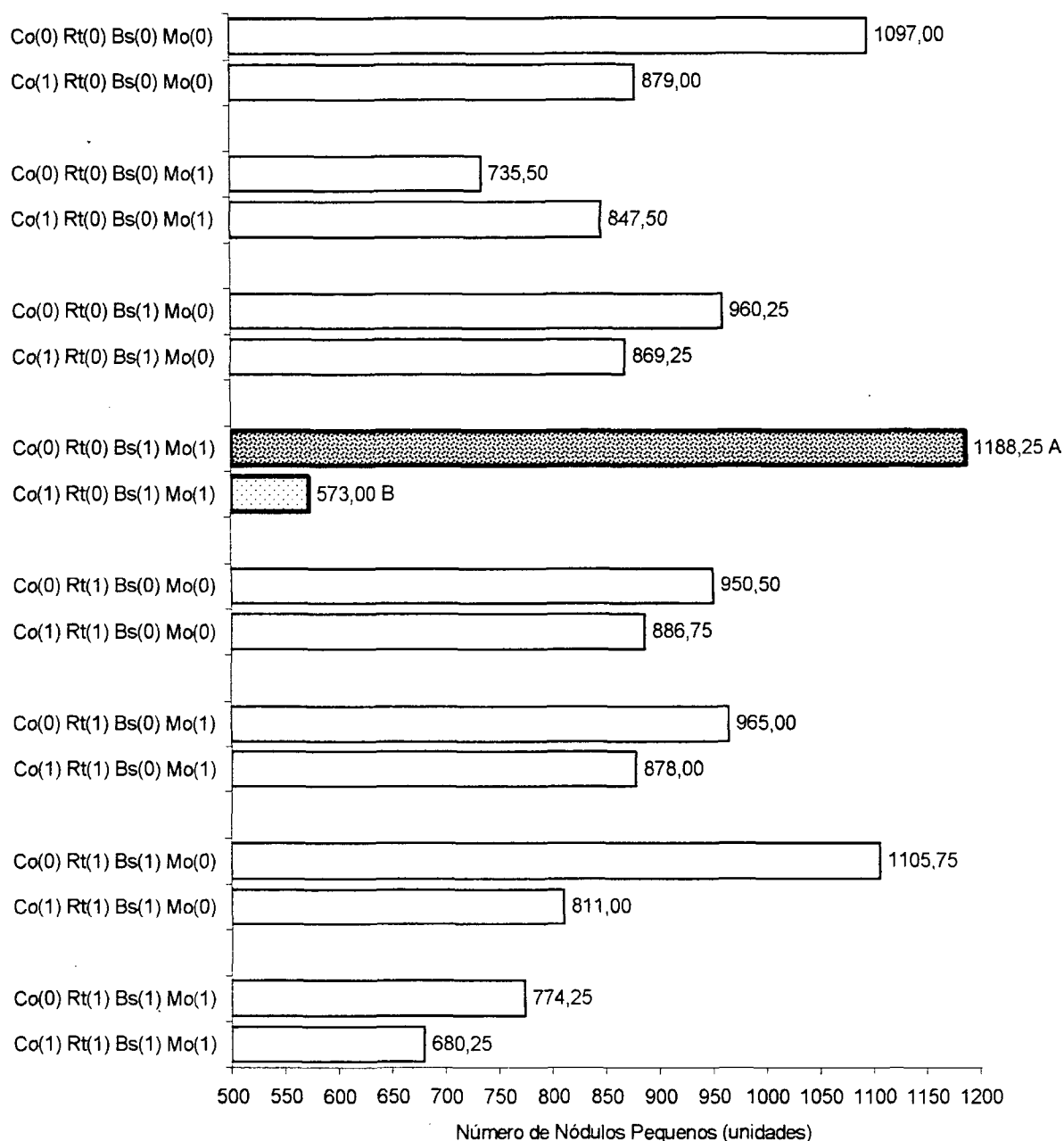


FIGURA 35 - Influência de *Rhizobium tropici* (Rt), *Bacillus subtilis* (Bs), molibdênio (Mo) e cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de nódulos pequenos do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 4 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Co dentro da interação Rt x Bs x Mo e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 35)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 358,83)] (análise de variância geral na Tabela 2)

Não houve qualquer desdobramento significativo ( $F: p \leq 0,05$ ) para os efeitos do: Co dt Bs na variável Massa da Matéria Seca da Parte Aérea (Anexo 14); Mo dt (Rt x Co) na variável Massa da Matéria Seca da Raiz (Anexo 18); Rt dt (Bs x Mo) e Bs dt (Rt x Mo) na variável Massa da Matéria Seca dos Nódulos (Anexos 20 e 21, respectivamente); Rt dt Bs na variável Nitrogênio Total da Massa da Matéria Seca da Parte Aérea (Anexo 28) e; Bs dt Co na variável Número de Nódulos Grandes (Anexo 30).

TABELA 2 - Análise de variância do Experimento 2 (feijoeiro, variedade FT Bonito), Curitiba, PR, 2001

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio									
		MMSPA <sup>(1)</sup>	MMSR <sup>(2)</sup>	MMSN <sup>(3)(11)</sup>	MMSP <sup>(4)</sup>	NTN <sup>(5)</sup>	MMSMUN <sup>(6)</sup>	NTMMSPA <sup>(7)</sup>	NNG <sup>(8)(12)</sup>	NNM <sup>(9)</sup>	NNP <sup>(10)</sup>
<i>Rhizobium tropici</i> (Rt)	1	0,069 <sup>ns</sup>	0,104 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	0,288 <sup>ns</sup>	13,141 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	134,908 <sup>ns</sup>	0,578 <sup>ns</sup>	1278,063 <sup>ns</sup>	2413,266 <sup>ns</sup>
<i>Bacillus subtilis</i> (Bs)	1	21,856*	0,278 <sup>ns</sup>	0,048 <sup>ns</sup>	28,282*	6909,766 <sup>ns</sup>	0,014 <sup>ns</sup>	6240,605 <sup>ns</sup>	0,139 <sup>ns</sup>	2678,063 <sup>ns</sup>	19216,891 <sup>ns</sup>
Molibdênio (Mo)	1	0,004 <sup>ns</sup>	0,031 <sup>ns</sup>	0,080 <sup>ns</sup>	0,082 <sup>ns</sup>	261504,391 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	4,010 <sup>ns</sup>	5,653 <sup>ns</sup>	600,250 <sup>ns</sup>	210566,266 <sup>ns</sup>
Cobalto (Co)	1	0,139 <sup>ns</sup>	0,399 <sup>ns</sup>	0,128 <sup>ns</sup>	1,374 <sup>ns</sup>	570591,390**	0,024 <sup>ns</sup>	819,534 <sup>ns</sup>	2,797 <sup>ns</sup>	8235,563 <sup>ns</sup>	456807,016*
Rt x Bs	1	38,069**	0,589*	0,065 <sup>ns</sup>	49,900**	21133,891 <sup>ns</sup>	0,016 <sup>ns</sup>	11587,446*	0,748 <sup>ns</sup>	264,063 <sup>ns</sup>	29027,641 <sup>ns</sup>
Rt x Mo	1	0,016 <sup>ns</sup>	0,165 <sup>ns</sup>	<0,001 <sup>ns</sup>	0,269 <sup>ns</sup>	74,391 <sup>ns</sup>	<0,001 <sup>ns</sup>	1374,185 <sup>ns</sup>	6,250 <sup>ns</sup>	306,250 <sup>ns</sup>	5,641 <sup>ns</sup>
Rt x Co	1	11,172 <sup>ns</sup>	0,169 <sup>ns</sup>	0,110 <sup>ns</sup>	15,474 <sup>ns</sup>	23986,266 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	1069,944 <sup>ns</sup>	0,286 <sup>ns</sup>	855,563 <sup>ns</sup>	18598,141 <sup>ns</sup>
Bs x Mo	1	1,227 <sup>ns</sup>	0,027 <sup>ns</sup>	0,017 <sup>ns</sup>	1,455 <sup>ns</sup>	21,391 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	165,573 <sup>ns</sup>	0,104 <sup>ns</sup>	4225,000 <sup>ns</sup>	5130,141 <sup>ns</sup>
Bs x Co	1	15,642*	0,090 <sup>ns</sup>	0,034 <sup>ns</sup>	17,183 <sup>ns</sup>	217272,516 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	3051,181 <sup>ns</sup>	10,160*	189,063 <sup>ns</sup>	175665,770 <sup>ns</sup>
Mo x Co	1	0,697 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,576 <sup>ns</sup>	1,891 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	51,517 <sup>ns</sup>	<0,001 <sup>ns</sup>	4,000 <sup>ns</sup>	70,141 <sup>ns</sup>
Rt x Bs x Mo	1	0,015 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	0,248*	0,009 <sup>ns</sup>	278124,391 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	1528,028 <sup>ns</sup>	7,209 <sup>ns</sup>	10506,250 <sup>ns</sup>	157113,141 <sup>ns</sup>
Rt x Bs x Co	1	11,089 <sup>ns</sup>	0,034 <sup>ns</sup>	0,154 <sup>ns</sup>	13,948 <sup>ns</sup>	2173,891 <sup>ns</sup>	0,034*	2176,689 <sup>ns</sup>	3,423 <sup>ns</sup>	14460,063 <sup>ns</sup>	32806,266 <sup>ns</sup>
Rt x Mo x Co	1	6,838 <sup>ns</sup>	0,530*	0,037 <sup>ns</sup>	11,860 <sup>ns</sup>	58261,891 <sup>ns</sup>	<0,001 <sup>ns</sup>	4408,960 <sup>ns</sup>	2,146 <sup>ns</sup>	1225,000 <sup>ns</sup>	34549,516 <sup>ns</sup>
Bs x Mo x Co	1	4,742 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	0,107 <sup>ns</sup>	3,669 <sup>ns</sup>	152197,520 <sup>ns</sup>	<0,001 <sup>ns</sup>	1002,831 <sup>ns</sup>	1,035 <sup>ns</sup>	4422,250 <sup>ns</sup>	99303,766 <sup>ns</sup>
Rt x Bs x Mo x Co	1	0,406 <sup>ns</sup>	<0,001 <sup>ns</sup>	0,156 <sup>ns</sup>	0,668 <sup>ns</sup>	271571,266 <sup>ns</sup>	<0,001 <sup>ns</sup>	24,552 <sup>ns</sup>	0,023 <sup>ns</sup>	529,000 <sup>ns</sup>	290655,766*
Resíduo	48	3,749	0,121	0,046	4,929	72668,495	0,006	2086,627	2,344	5263,208	63701,505
CV (%)		13,923	13,732	11,967	13,045	20,976	17,615	12,721	32,046	19,484	28,436
$\chi^2$		23,860 <sup>ns</sup>	21,166 <sup>ns</sup>	23,937 <sup>ns</sup>	22,205 <sup>ns</sup>	14,455 <sup>ns</sup>	7,591 <sup>ns</sup>	18,288 <sup>ns</sup>	18,426 <sup>ns</sup>	12,561 <sup>ns</sup>	9,044 <sup>ns</sup>

ns F não significativo

\* F significativo a 5%

\*\* F significativo a 1%

CV Coeficiente de Variação

 $\chi^2$  Teste de Bartlett

(1) Massa da Matéria Seca da Parte Aérea

(2) Massa da Matéria Seca da Raiz

(3) Massa da Matéria Seca dos Nódulos

(4) Massa da Matéria Seca da Planta

(5) Número Total de Nódulos

(6) Massa da Matéria Seca Média Unitária dos Nódulos

(7) Nitrogênio Total da Massa da Matéria Seca da Parte Aérea

(8) Número de Nódulos Grandes ( $N \geq 3,35$  mm)(9) Número de Nódulos Médios ( $2,00 \text{ mm} \leq N < 3,35$  mm)(10) Número de Nódulos Pequenos ( $N < 2,00$  mm)(11) Dados transformados em  $e^x$  ( $e \cong 2,71828$ ) para homogeneização das variâncias(12) Dados transformados em  $\sqrt{x}$  para homogeneização das variâncias

### 4.1.3 Experimento 3

As Figuras 36 a 46 e a Tabela 3 apresentam, respectivamente, os resultados e a análise de variância do Experimento 3, desenvolvido em casa de vegetação com o feijoeiro da variedade FT Bionobre (duas plantas por vaso), no qual foram avaliados, aos 78 dias após a semeadura (final do estágio R<sub>9</sub>), os efeitos isolados e combinados do *Rhizobium tropici* (Rt), *Bacillus subtilis* (Bs), molibdênio (Mo) e cobalto (Co) todos em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre as variáveis denominadas Número de Vagens (NV), Número de Grãos (NG), Número de Grãos por Vagem (NG/V), Massa de Grãos (MG), Massa de 100 Grãos (M100G) e Rendimento Teórico (RT).

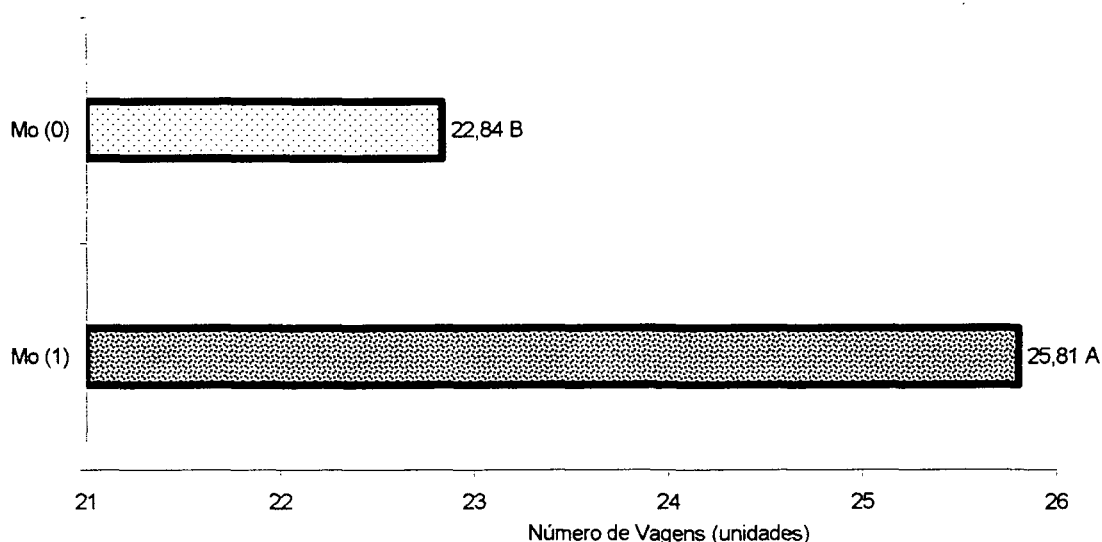


FIGURA 36 - Influência do molibdênio (Mo) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de vagens do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,36)] (análise de variância na Tabela 3)

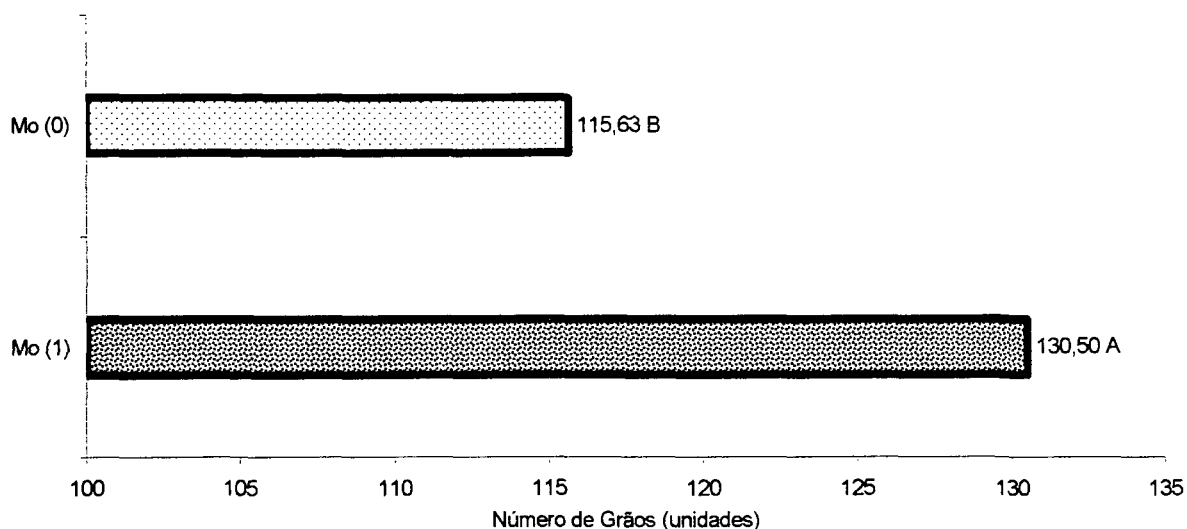


FIGURA 37 - Influência do molibdênio (Mo) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de grãos do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 9,26)] (análise de variância na Tabela 3)

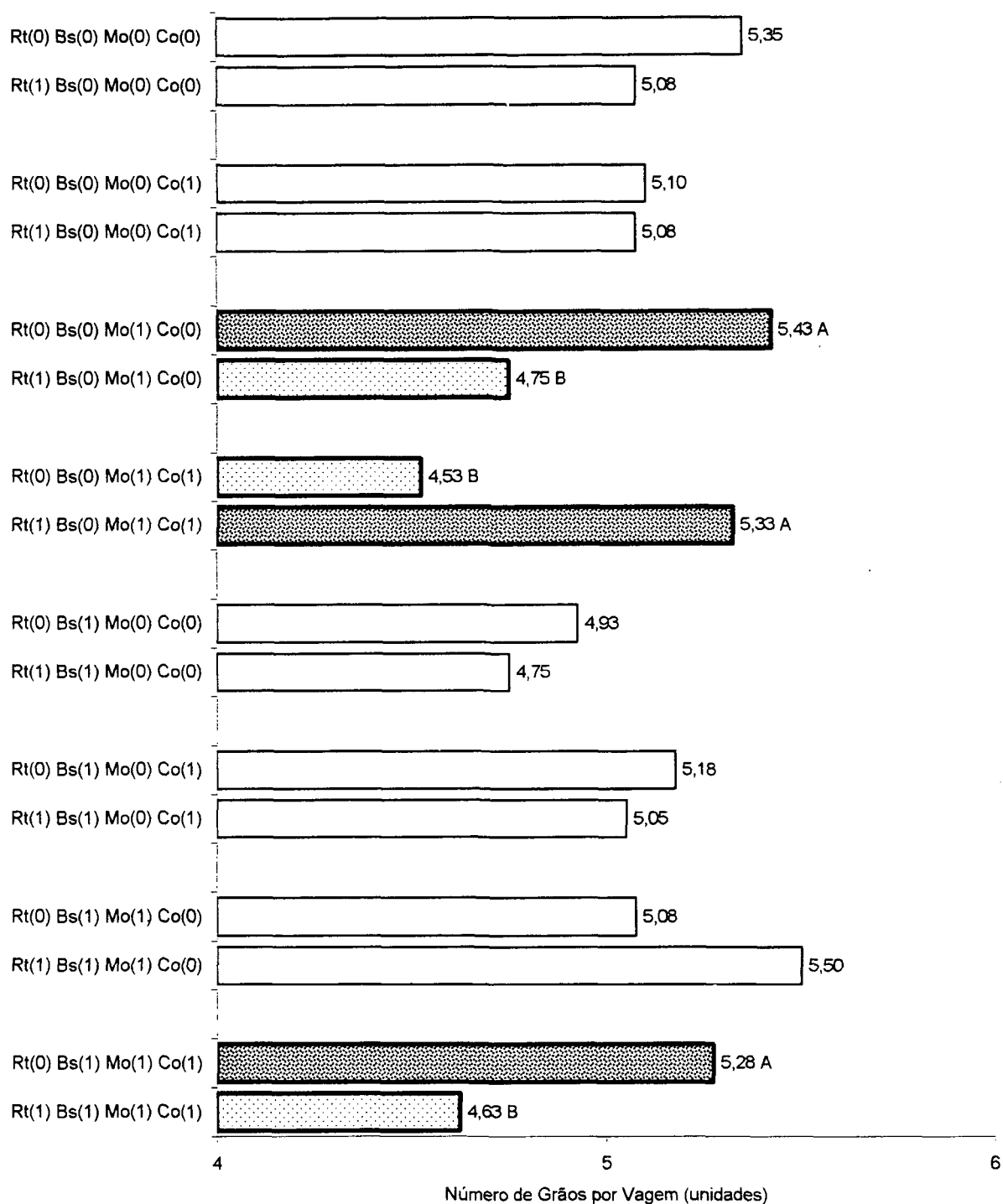


FIGURA 38 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt), do *Bacillus subtilis* (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de grãos por vagem do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 4 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Rt dentro da interação Bs x Mo x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 36)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,61)] (análise de variância geral na Tabela 3)



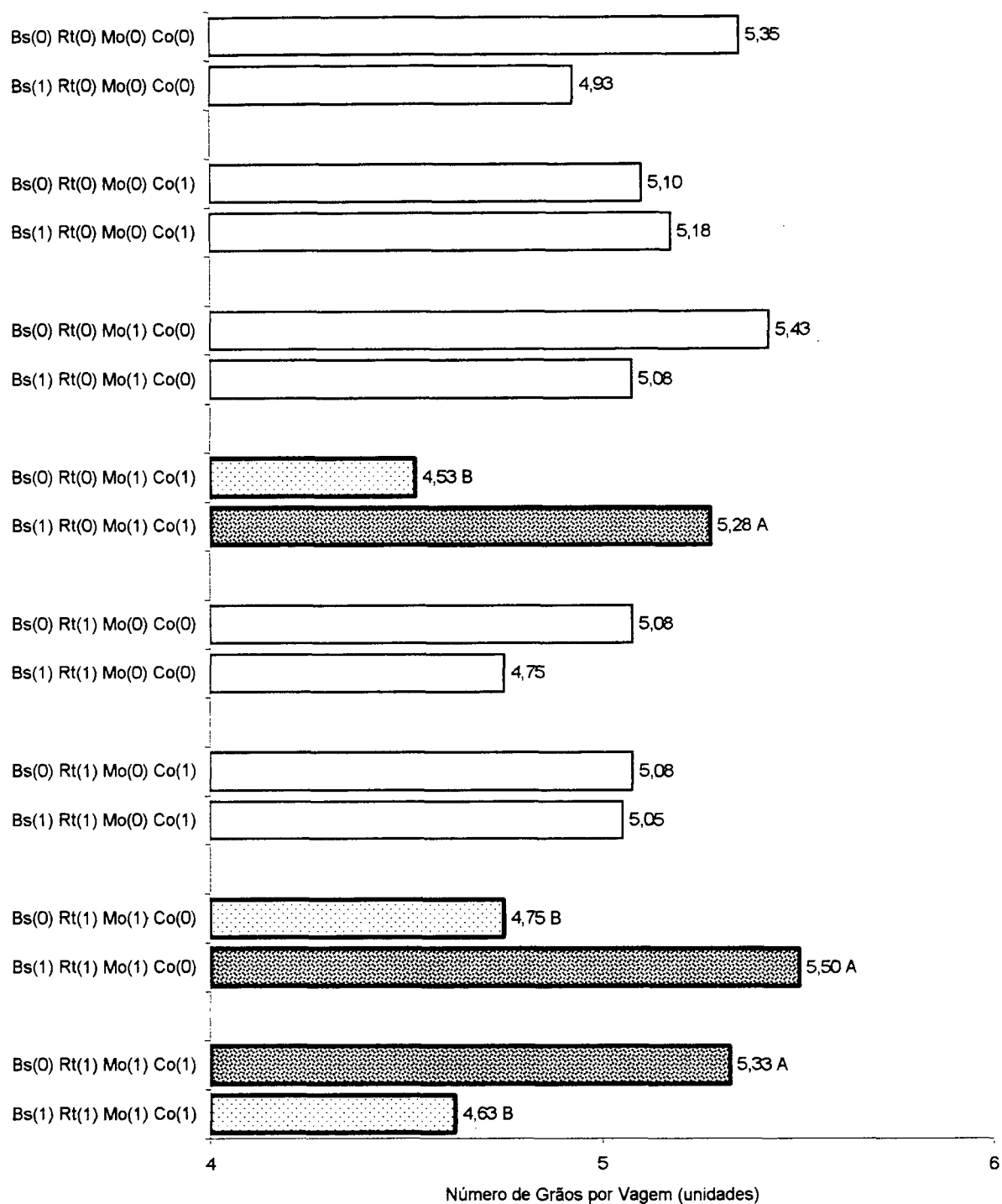


FIGURA 39 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt), do *Bacillus subtilis* (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de grãos por vagem do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 4 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Bs dentro da interação Rt x Mo x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 37)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,61)] (análise de variância geral na Tabela 3)

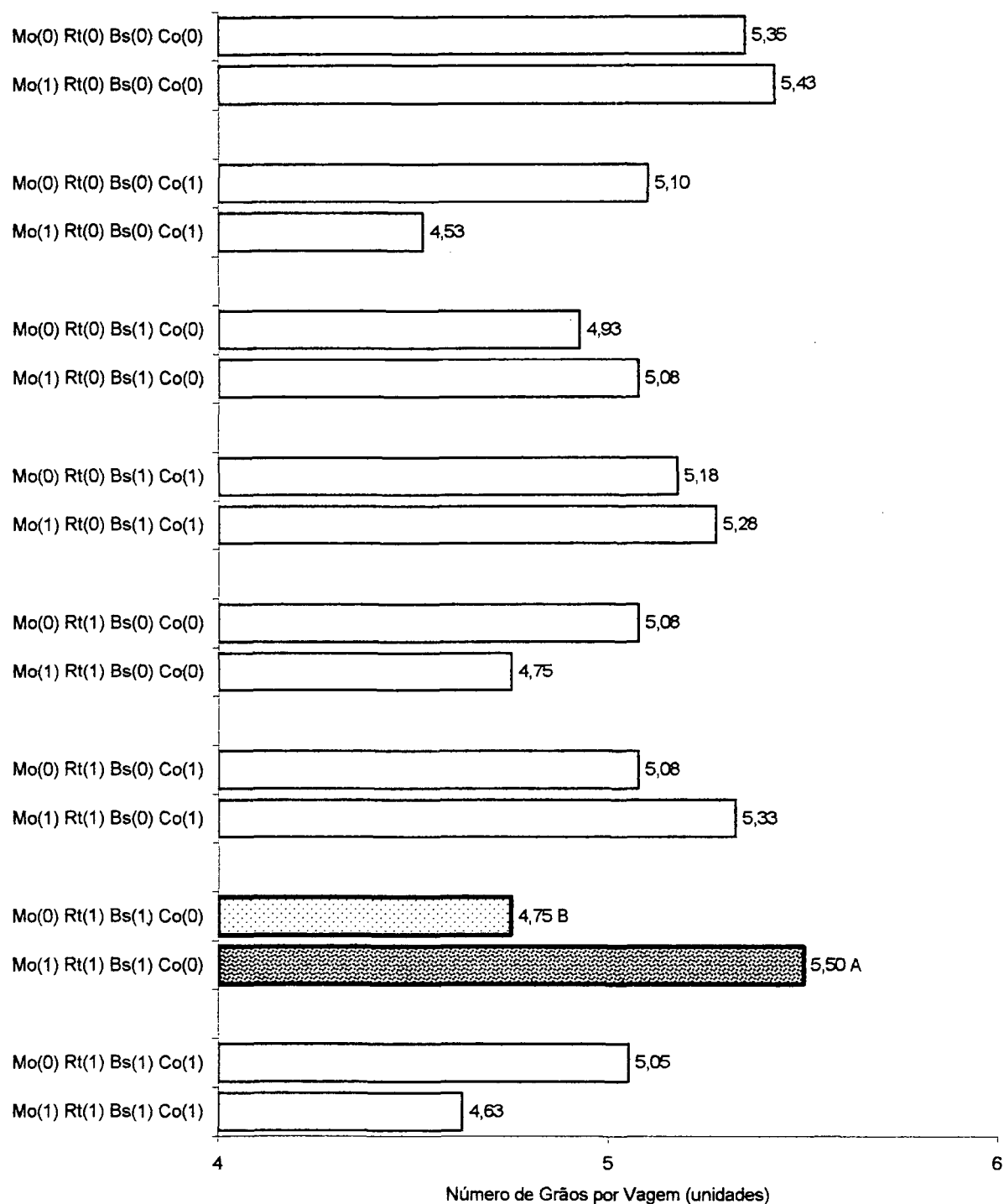


FIGURA 40 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt), do *Bacillus subtilis* (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de grãos por vagem do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 4 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Bs x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 38)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,61)] (análise de variância geral na Tabela 3)

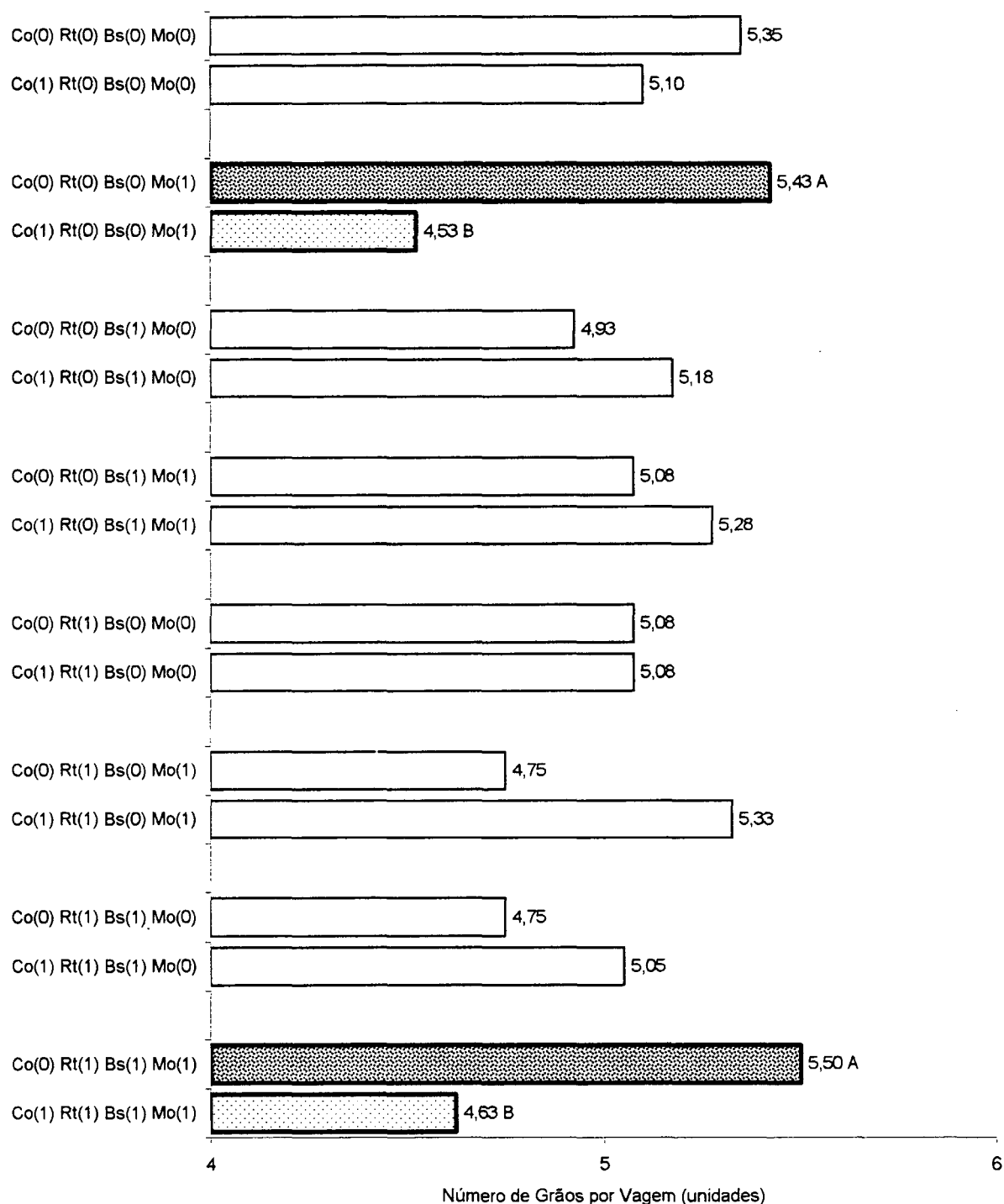


FIGURA 41 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt), do *Bacillus subtilis* (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o número de grãos por vagem do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 4 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Co dentro da interação Rt x Bs x Mo e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 39)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,61)] (análise de variância geral na Tabela 3)

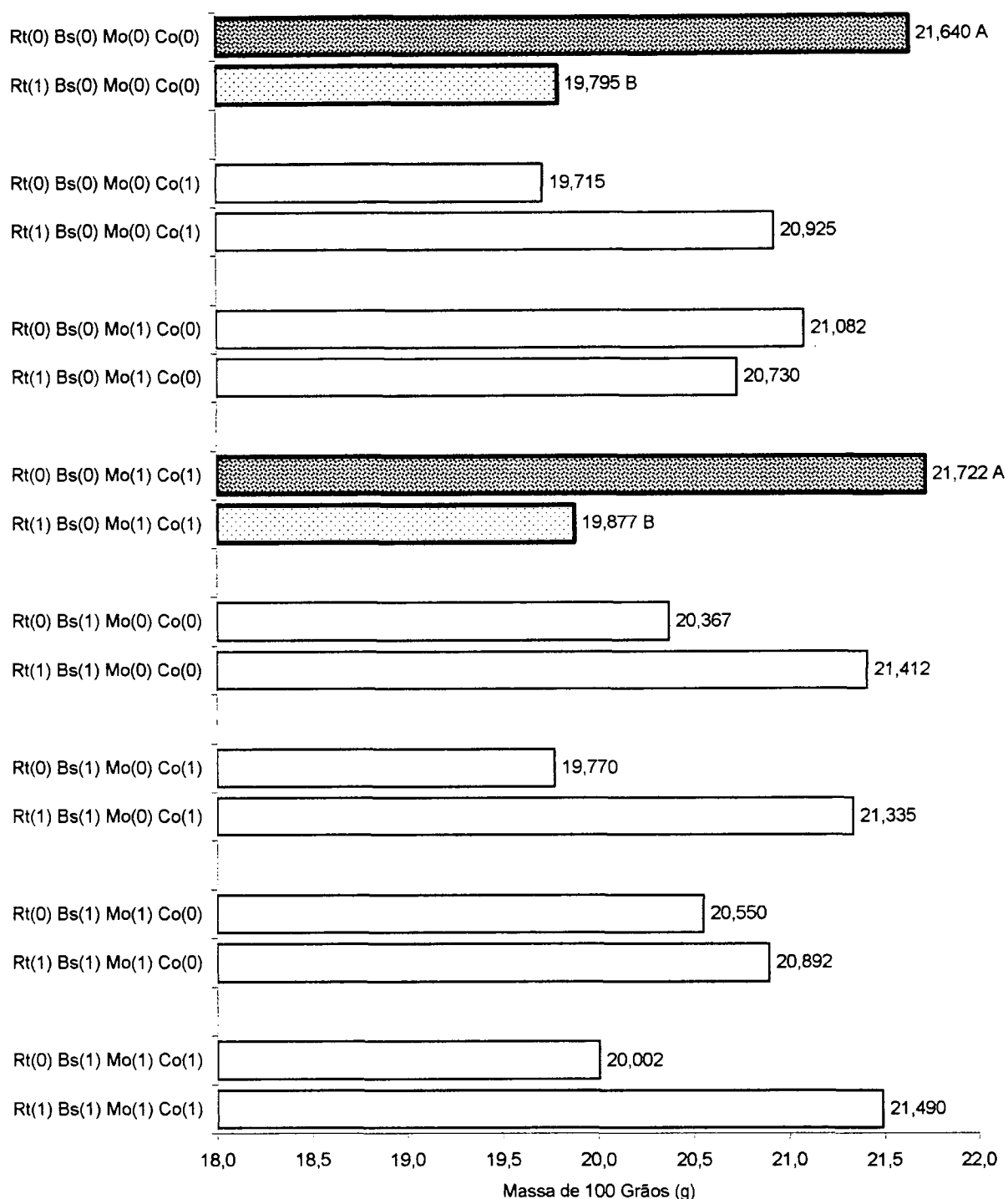


FIGURA 42 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt), do *Bacillus subtilis* (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa de 100 grãos do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 4 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Rt dentro da interação Bs x Mo x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 40)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,758)] (análise de variância geral na Tabela 3)

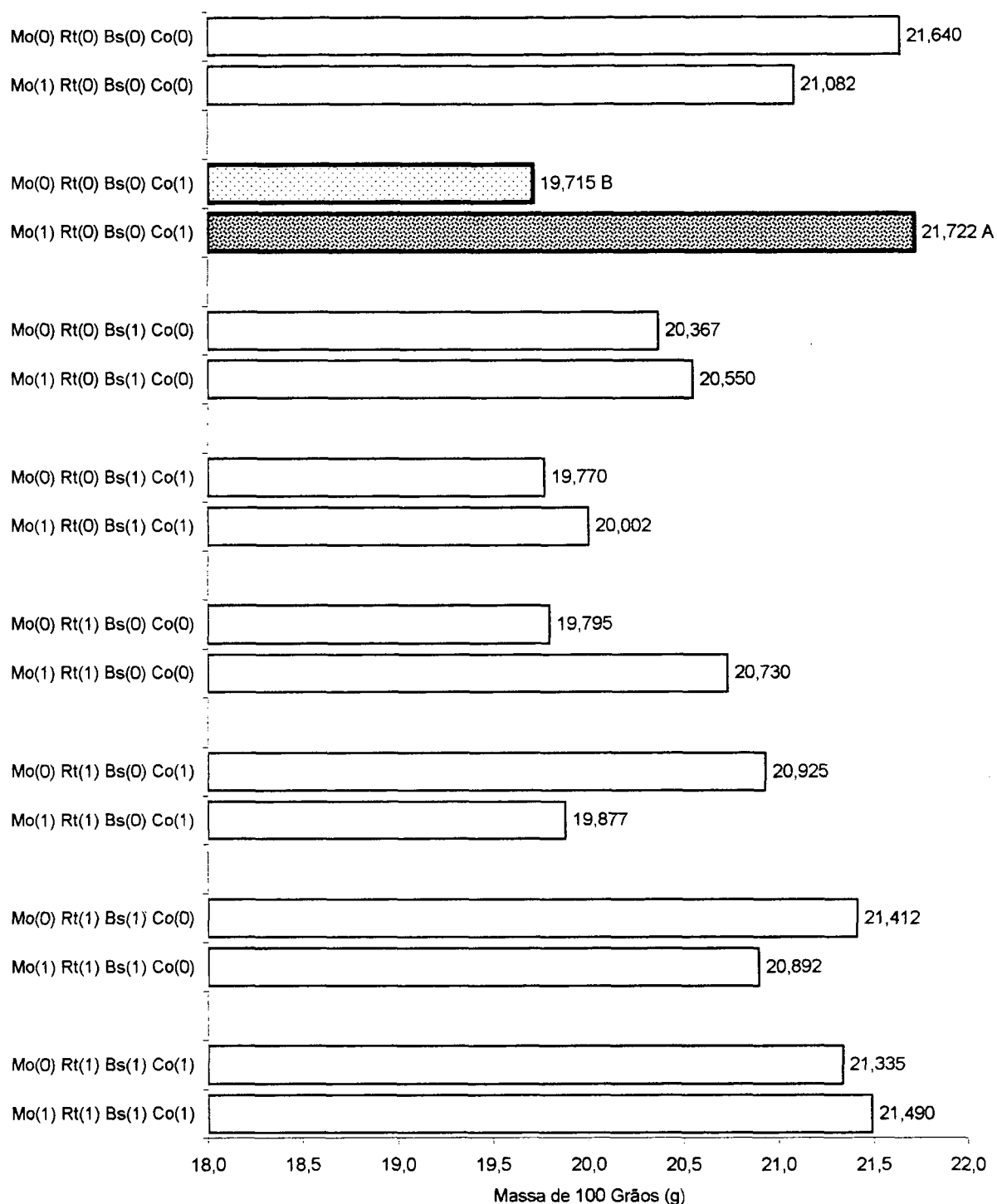


FIGURA 43 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt), do *Bacillus subtilis* (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa de 100 grãos do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 4 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Bs x Co e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 42)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,758)] (análise de variância geral na Tabela 3)

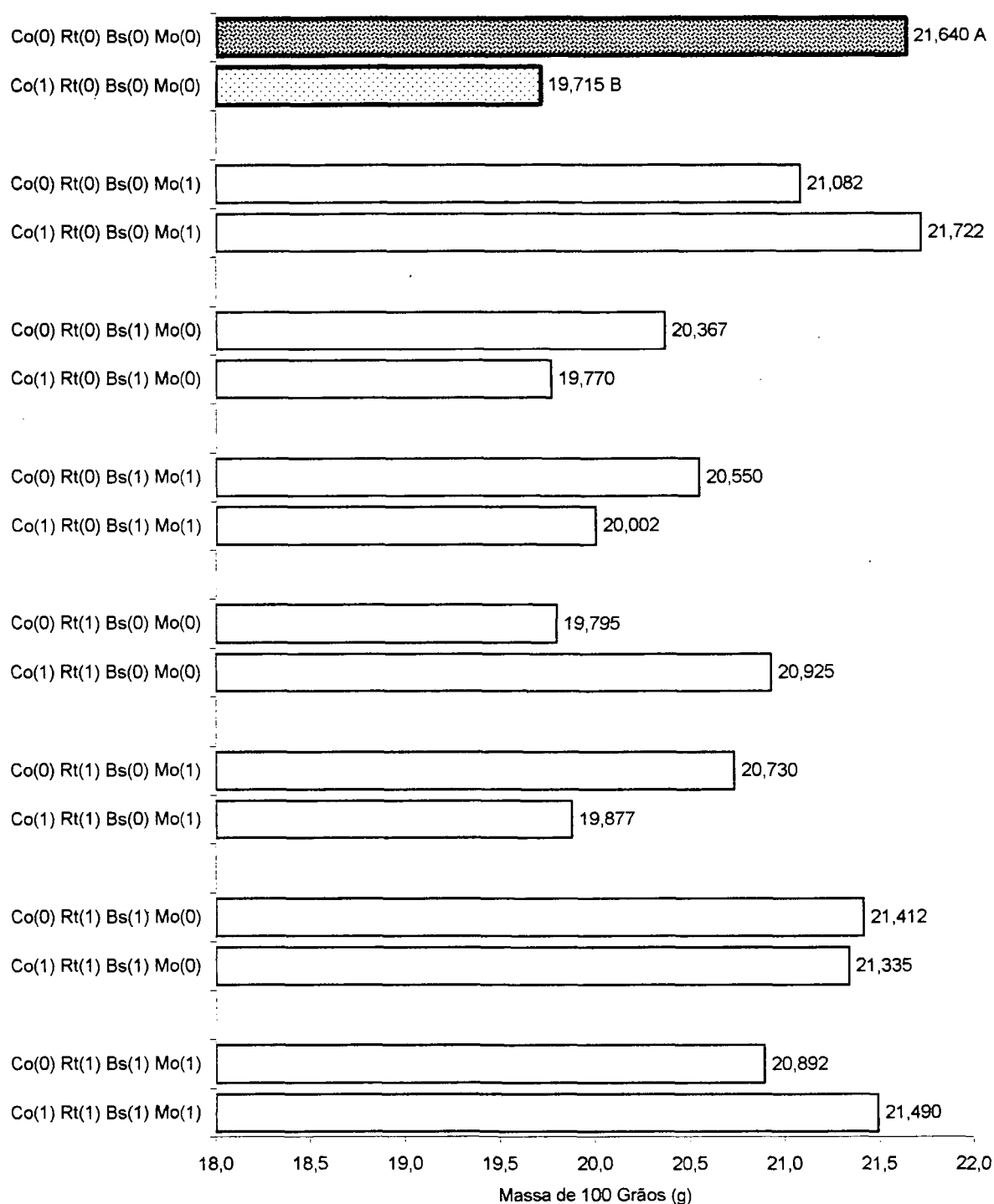


FIGURA 44 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt), do *Bacillus subtilis* (Bs), do molibdênio (Mo) e do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa de 100 grãos do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 4 repetições (duas plantas por vaso) considerando o efeito do Co dentro da interação Rt x Bs x Mo e destacando a comparação das médias com F significativo ( $p \leq 0,05$ ) no desdobramento da análise de variância (Anexo 43)] [médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 1,758)] (análise de variância geral na Tabela 3)

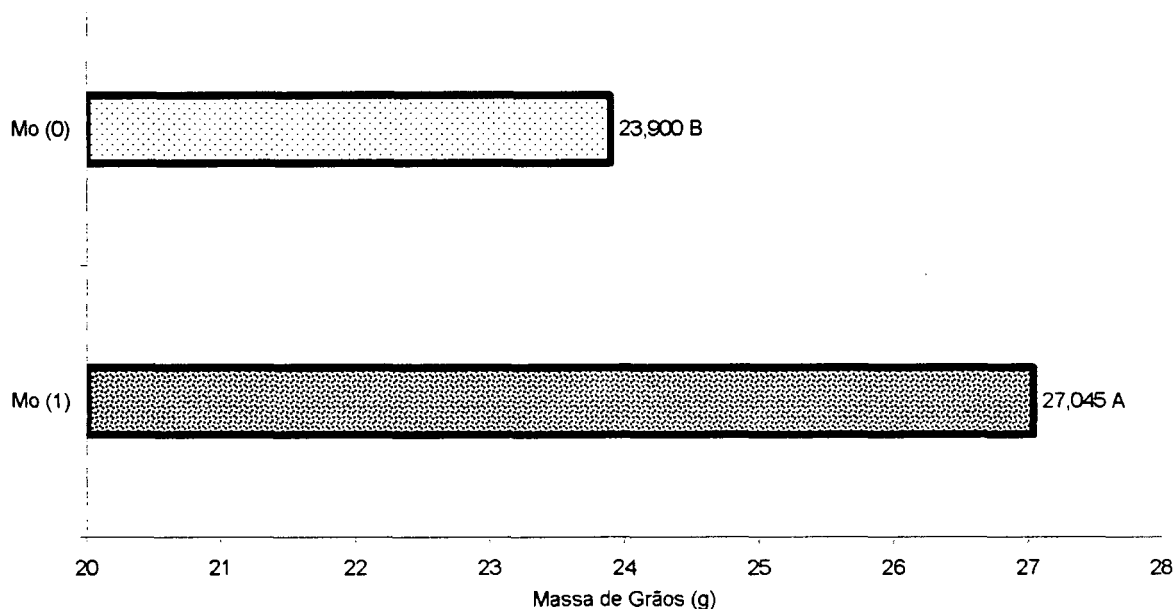


FIGURA 45 - Influência do molibdênio (Mo) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa de grãos do feijoeiro da variedade FT Bionobre, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 2,010)] (análise de variância na Tabela 3)

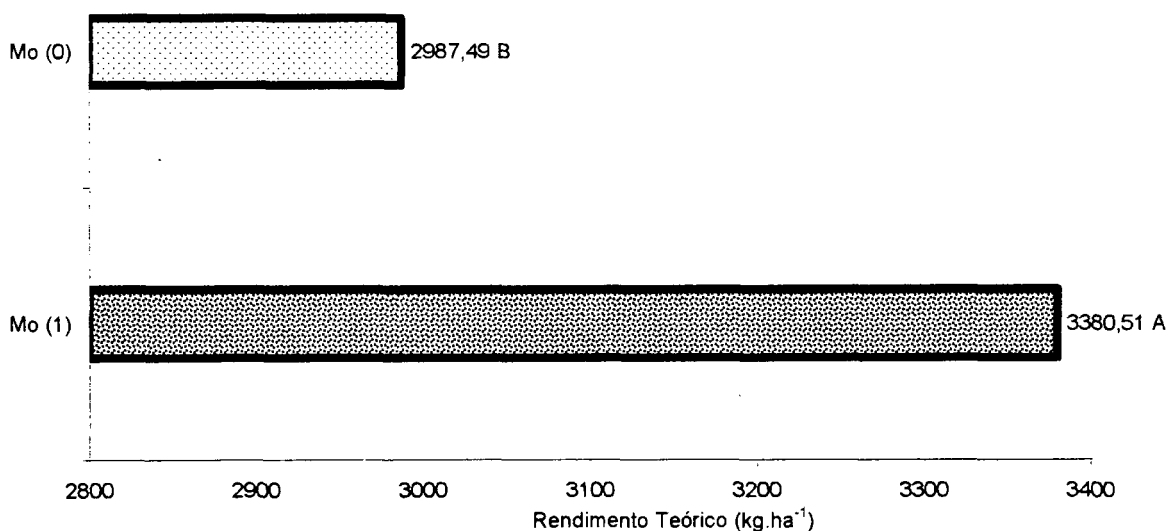


FIGURA 46 - Influência do molibdênio (Mo) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre o rendimento teórico do feijoeiro da variedade FT Bionobre, estimado a partir de duas plantas por vaso considerando uma população de 250.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 251,27)] (análise de variância na Tabela 3)

Não houve qualquer desdobramento significativo ( $F: p \leq 0,05$ ) para o efeitos do Bs dt (Rt x Mo x Co) na variável Massa de 100 Grãos (Anexo 41).

TABELA 3 - Análise de variância do Experimento 3 (feijoeiro, variedade FT Bionobre), Curitiba, PR, 2001

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		NV <sup>(1)</sup>	NG <sup>(2)</sup>	NG/V <sup>(3)</sup>	MG <sup>(4)</sup>	M100G <sup>(5)</sup>	RT <sup>(6)</sup>
<i>Rhizobium tropici</i> (Rt)	1	26,266 <sup>ns</sup>	361,000 <sup>ns</sup>	0,123 <sup>ns</sup>	19,525 <sup>ns</sup>	0,646 <sup>ns</sup>	305475,988 <sup>ns</sup>
<i>Bacillus subtilis</i> (Bs)	1	0,391 <sup>ns</sup>	18,063 <sup>ns</sup>	0,016 <sup>ns</sup>	0,261 <sup>ns</sup>	0,028 <sup>ns</sup>	4133,072 <sup>ns</sup>
Molibdênio (Mo)	1	141,016***	3540,250**	<0,001 <sup>ns</sup>	158,225**	0,481 <sup>ns</sup>	2471384,246**
Cobalto (Co)	1	1,266 <sup>ns</sup>	2,250 <sup>ns</sup>	0,123 <sup>ns</sup>	2,653 <sup>ns</sup>	0,666 <sup>ns</sup>	41441,232 <sup>ns</sup>
Rt x Bs	1	6,891 <sup>ns</sup>	430,563 <sup>ns</sup>	0,031 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	13,222**	62,074 <sup>ns</sup>
Rt x Mo	1	0,391 <sup>ns</sup>	1,000 <sup>ns</sup>	0,063 <sup>ns</sup>	1,274 <sup>ns</sup>	1,372 <sup>ns</sup>	19875,708 <sup>ns</sup>
Rt x Co	1	5,641 <sup>ns</sup>	16,000 <sup>ns</sup>	0,123 <sup>ns</sup>	1,263 <sup>ns</sup>	2,604 <sup>ns</sup>	19730,055 <sup>ns</sup>
Bs x Mo	1	0,766 <sup>ns</sup>	105,063 <sup>ns</sup>	0,331 <sup>ns</sup>	1,003 <sup>ns</sup>	0,414 <sup>ns</sup>	15743,073 <sup>ns</sup>
Bs x Co	1	9,766 <sup>ns</sup>	150,063 <sup>ns</sup>	0,051 <sup>ns</sup>	6,715 <sup>ns</sup>	0,037 <sup>ns</sup>	104719,413 <sup>ns</sup>
Mo x Co	1	1,891 <sup>ns</sup>	56,250 <sup>ns</sup>	0,423 <sup>ns</sup>	0,953 <sup>ns</sup>	0,427 <sup>ns</sup>	14642,484 <sup>ns</sup>
Rt x Bs x Mo	1	0,016 <sup>ns</sup>	27,563 <sup>ns</sup>	0,031 <sup>ns</sup>	0,066 <sup>ns</sup>	0,153 <sup>ns</sup>	1031,288 <sup>ns</sup>
Rt x Bs x Co	1	3,516 <sup>ns</sup>	564,063 <sup>ns</sup>	1,891**	20,329 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	317869,015 <sup>ns</sup>
Rt x Mo x Co	1	3,516 <sup>ns</sup>	100,000 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	0,488 <sup>ns</sup>	3,847 <sup>ns</sup>	7585,752 <sup>ns</sup>
Bs x Mo x Co	1	0,141 <sup>ns</sup>	280,563 <sup>ns</sup>	0,331 <sup>ns</sup>	10,457 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	163663,828 <sup>ns</sup>
Rt x Bs x Mo x Co	1	21,391 <sup>ns</sup>	68,063 <sup>ns</sup>	1,381**	1,240 <sup>ns</sup>	6,689*	19520,638 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	7,359	339,271	0,187	15,990	1,530	249883,290
CV (%)		11,151	14,967	8,532	15,698	5,973	15,700
$\chi^2$		21,447 <sup>ns</sup>	22,309 <sup>ns</sup>	12,450 <sup>ns</sup>	17,797 <sup>ns</sup>	20,419 <sup>ns</sup>	17,789 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> F não significativo

\* F significativo a 5%

\*\* F significativo a 1%

\*\*\* F significativo a 0,1%

CV Coeficiente de Variação

$\chi^2$  Teste de Bartlett

(1) Número de Vagens

(2) Número de Grãos

(3) Número de Grãos por Vagem

(4) Massa de Grãos

(5) Massa de 100 Grãos

(6) Rendimento Teórico



#### 4.1.4 Experimento 4

As Figuras 47 a 48 e a Tabela 4 apresentam, respectivamente, os resultados e a análise de variância do Experimento 4, desenvolvido em casa de vegetação com o feijoeiro da variedade FT Bonito (duas plantas por vaso), no qual foram avaliados, aos 89 dias após a semeadura (final do estágio R<sub>9</sub>), os efeitos isolados e combinados do *Rhizobium tropici* (Rt), *Bacillus subtilis* (Bs), molibdênio (Mo) e cobalto (Co) todos em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre as mesmas variáveis avaliadas no Experimento 3.

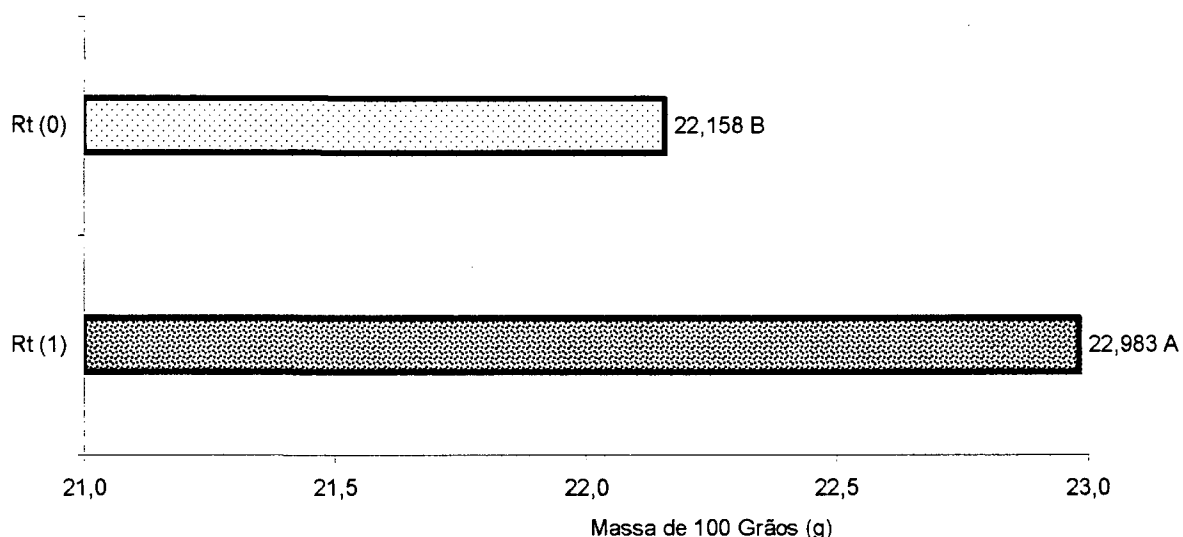


FIGURA 47 - Influência do *Rhizobium tropici* (Rt) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa de 100 grãos do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,769)] (análise de variância na Tabela 4)

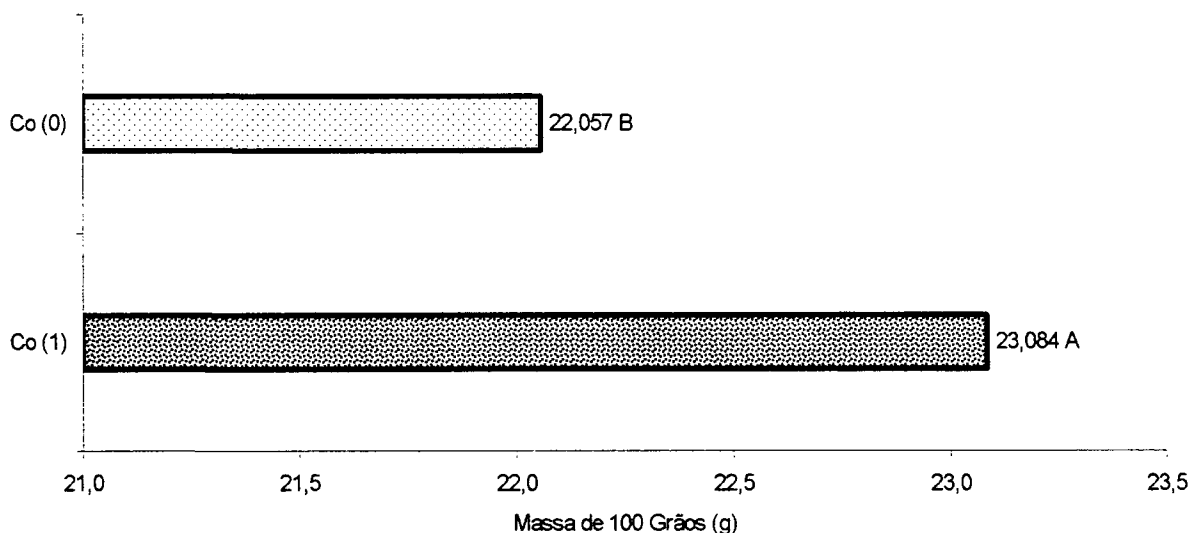


FIGURA 48 - Influência do cobalto (Co) em dois níveis, (0) ausência e (1) presença, sobre a massa de 100 grãos do feijoeiro da variedade FT Bonito, Curitiba, PR, 2001 [médias de 32 repetições (duas plantas por vaso) comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (d.m.s. = 0,769)] (análise de variância na Tabela 4)

TABELA 4 - Análise de variância do Experimento 4 (feijoeiro, variedade FT Bonito), Curitiba, PR, 2001

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		NV <sup>(1)</sup>	NG <sup>(2)</sup>	NG/V <sup>(3)</sup>	MG <sup>(4)</sup>	M100G <sup>(5)</sup>	RT <sup>(6)</sup>
<i>Rhizobium tropici</i> (Rt)	1	0,766 <sup>ns</sup>	31,641 <sup>ns</sup>	0,316 <sup>ns</sup>	4,000 <sup>ns</sup>	10,915*	62408,168 <sup>ns</sup>
<i>Bacillus subtilis</i> (Bs)	1	6,891 <sup>ns</sup>	118,266 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	1,736 <sup>ns</sup>	1,395 <sup>ns</sup>	26963,694 <sup>ns</sup>
Molibdênio (Mo)	1	1,266 <sup>ns</sup>	9,766 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	5,941 <sup>ns</sup>	2,187 <sup>ns</sup>	92582,501 <sup>ns</sup>
Cobalto (Co)	1	5,641 <sup>ns</sup>	23,766 <sup>ns</sup>	0,406 <sup>ns</sup>	12,198 <sup>ns</sup>	16,902**	190363,152 <sup>ns</sup>
Rt x Bs	1	8,266 <sup>ns</sup>	11,391 <sup>ns</sup>	0,701 <sup>ns</sup>	15,230 <sup>ns</sup>	7,735 <sup>ns</sup>	238089,094 <sup>ns</sup>
Rt x Mo	1	1,891 <sup>ns</sup>	6,891 <sup>ns</sup>	0,114 <sup>ns</sup>	0,685 <sup>ns</sup>	0,371 <sup>ns</sup>	10718,217 <sup>ns</sup>
Rt x Co	1	6,891 <sup>ns</sup>	319,516 <sup>ns</sup>	0,056 <sup>ns</sup>	4,070 <sup>ns</sup>	3,530 <sup>ns</sup>	63701,313 <sup>ns</sup>
Bs x Mo	1	0,766 <sup>ns</sup>	17,016 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,245 <sup>ns</sup>	0,377 <sup>ns</sup>	3868,373 <sup>ns</sup>
Bs x Co	1	23,766 <sup>ns</sup>	206,641 <sup>ns</sup>	0,170 <sup>ns</sup>	11,492 <sup>ns</sup>	0,020 <sup>ns</sup>	179734,790 <sup>ns</sup>
Mo x Co	1	5,641 <sup>ns</sup>	6,891 <sup>ns</sup>	0,098 <sup>ns</sup>	10,628 <sup>ns</sup>	5,227 <sup>ns</sup>	166157,158 <sup>ns</sup>
Rt x Bs x Mo	1	0,766 <sup>ns</sup>	28,891 <sup>ns</sup>	0,131 <sup>ns</sup>	0,198 <sup>ns</sup>	0,034 <sup>ns</sup>	3061,551 <sup>ns</sup>
Rt x Bs x Co	1	0,391 <sup>ns</sup>	185,641 <sup>ns</sup>	0,263 <sup>ns</sup>	3,441 <sup>ns</sup>	1,413 <sup>ns</sup>	53803,703 <sup>ns</sup>
Rt x Mo x Co	1	1,266 <sup>ns</sup>	5,641 <sup>ns</sup>	0,035 <sup>ns</sup>	0,265 <sup>ns</sup>	0,088 <sup>ns</sup>	4193,058 <sup>ns</sup>
Bs x Mo x Co	1	13,141 <sup>ns</sup>	102,516 <sup>ns</sup>	0,131 <sup>ns</sup>	6,163 <sup>ns</sup>	0,070 <sup>ns</sup>	96373,781 <sup>ns</sup>
Rt x Bs x Mo x Co	1	2,641 <sup>ns</sup>	37,516 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	15,465 <sup>ns</sup>	6,689 <sup>ns</sup>	241551,416 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	9,672	214,411	0,199	10,946	2,341	171048,677
CV (%)		13,586	13,058	9,064	13,094	6,779	13,095
$\chi^2$		11,757 <sup>ns</sup>	11,416 <sup>ns</sup>	6,611 <sup>ns</sup>	22,049 <sup>ns</sup>	20,878 <sup>ns</sup>	22,060 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> F não significativo

\* F significativo a 5%

\*\* F significativo a 1%

CV Coeficiente de Variação

$\chi^2$  Teste de Bartlett

(1) Número de Vagens

(2) Número de Grãos

(3) Número de Grãos por Vagem

(4) Massa de Grãos

(5) Massa de 100 Grãos

(6) Rendimento Teórico

## 4. 2 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS

Os resultados das variáveis avaliadas, nos quatro experimentos, mostraram que as variedades FT Bionobre e FT Bonito apresentaram comportamento diferenciado em relação à resposta aos produtos biológicos e químicos utilizados como fonte das bactérias (Rt, Bs) e micronutrientes (Mo, Co). A variabilidade na resposta das plantas de ambas as variedades deveu-se tanto ao efeito isolado quanto combinado dos fatores estudados (Rt, Bs, Mo, Co).

As Figuras 4, 5, 6, 7, 10, 11 (Experimento 1) 26 (Experimento 2) 36, 37, 45, 46 (Experimento 3) 47 e 48 (Experimento 4) apresentaram a comparação das médias (Tukey: 5%) dos resultados dos efeitos principais (atribuídos a cada fator isoladamente) significativos ( $F: p \leq 0,05$ ) e independentes, ou seja, referentes aos fatores não envolvidos em interações significativas ( $F: p \leq 0,05$ ). Esses resultados são descritos a seguir.

Na variedade FT Bionobre o *Rhizobium tropici* reduziu o número total de nódulos bem como sua massa de matéria seca. O *Bacillus subtilis* aumentou a produção de matéria seca da raiz e da planta (total). O molibdênio aumentou a quantidade de nitrogênio total acumulado na massa da matéria seca da parte aérea das plantas. O cobalto aumentou o número de nódulos grandes (Experimento 1). Na variedade FT Bonito o cobalto reduziu o número total de nódulos (Experimento 2). Na variedade FT Bionobre o molibdênio aumentou o número de vagens e de grãos, a massa de grãos e o rendimento teórico (Experimento 3). Na variedade FT Bonito o *Rhizobium tropici* e o cobalto aumentaram a massa de 100 grãos (Experimento 4).

As Figuras 1, 2, 3, 8, 9, 12, 13, 14, 15 (Experimento 1) 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 (Experimento 2) 38, 39, 40, 41, 42, 43 e 44 (Experimento 3) que apresentaram os resultados das interações significativas ( $F: p \leq 0,05$ ) entre os fatores estudados (Rt, Bs, Mo, Co) mostram as várias possibilidades de combinações entre os níveis desses fatores que não interferiram ou promoveram aumentos ou reduções significativas (Tukey: 5%) nas variáveis avaliadas nesses experimentos. Os efeitos das interações consideradas de maior importância são descritos a seguir.

Na variedade FT Bionobre na ausência do *Rhizobium tropici* a associação do *Bacillus subtilis* com o molibdênio resultou em aumento da massa da matéria seca da parte aérea das plantas. O cobalto aumentou a quantidade total de nódulos quando aplicado na ausência do molibdênio. Houve redução da quantidade de nódulos pequenos pelo efeito do *Rhizobium tropici* na ausência do molibdênio, pelo efeito do molibdênio na ausência do *Rhizobium tropici* e pelo efeito combinado de ambos (Experimento 1).

Na variedade FT Bonito o *Rhizobium tropici*, na ausência do *Bacillus subtilis*, promoveu redução das massas de matéria seca da parte aérea, da raiz e da planta (total). Por outro lado o *Bacillus subtilis*, na ausência do *Rhizobium tropici*, não teve efeito sobre essas variáveis. A co-inoculação *Rhizobium tropici* - *Bacillus subtilis* embora não tenha promovido aumento significativo dessas variáveis apresentou resultado superior à inoculação simples de qualquer dessas bactérias. Na ausência simultânea do *Rhizobium tropici* e do *Bacillus subtilis* o molibdênio reduziu a massa da matéria seca dos nódulos. Na ausência simultânea do *Bacillus subtilis* e do cobalto o *Rhizobium tropici* reduziu a massa da matéria seca média unitária dos nódulos. O cobalto, na ausência do *Bacillus subtilis*, aumentou o número de nódulos grandes. O número de nódulos pequenos foi reduzido pela aplicação apenas do molibdênio, pelo efeito combinado do *Bacillus subtilis* e os micronutrientes e, também, pela presença de todos os fatores estudados (Experimento 2).

Na variedade FT Bionobre o número de grãos por vagem foi reduzido pela aplicação associada do molibdênio e do cobalto e, também, pelo efeito combinado de todos os fatores estudados. A massa de 100 grãos foi reduzida pela aplicação apenas do *Rhizobium tropici* ou do cobalto, pelo *Bacillus subtilis* associado ao cobalto e, também, pelo efeito combinado do *Rhizobium tropici* e os micronutrientes (Experimento 3).

A grande variabilidade observada nas respostas das variedades FT Bionobre e FT Bonito aos produtos biológicos (fonte de Rt e Bs) e químicos (fonte de Mo e Co) aplicados nas sementes deve-se, provavelmente, a diferenças intrínsecas nas características agronômicas destas variedades, uma vez que os experimentos com ambas, foram conduzidos em um mesmo solo e em uma mesma condição ambiental. Entretanto como grande parte da variabilidade na resposta das variedades foi devida ao *Rhizobium tropici*, ao molibdênio e ao cobalto, há de se considerar que os três estão diretamente envolvidos com o metabolismo do nitrogênio no feijoeiro e com o desempenho simbiótico dos rizóbios (introduzidos e presentes no solo) no processo de fixação biológica do nitrogênio devendo, portanto, as diferenças nesses aspectos entre as variedades serem consideradas como prováveis causas da variabilidade verificada. Diferenças significativas no comportamento simbiótico entre variedades de feijão foram observadas por Franco e Döbereiner (1967), Pereira *et al.* (1984) e Araújo *et al.* (1996).

O comportamento diferenciado no desempenho simbiótico entre variedades sugere que existem diferentes graus de compatibilidade genética entre estirpes de rizóbio e

variedades de feijão (Andreola, 1992). Outras prováveis explicações podem estar relacionadas a diferenças entre as variedades na eficiência de absorção e aproveitamento dos nutrientes do solo, nas características do sistema radicular e na natureza dos produtos exsudados pelas raízes. Segundo POTAFOS (1996) muitas vezes as diferenças entre variedades podem ser tão grandes quanto às diferenças entre espécies.

A variável número total de nódulos, avaliada nos Experimentos 1 e 2, evidenciou a presença de grande quantidade de nódulos nas raízes das plantas em praticamente todos os tratamentos considerados nesses experimentos. Essa situação era, de certa forma esperada, devido ao solo utilizado como substrato provir de área de rotação de culturas, onde o feijoeiro, por ser uma das espécies integrantes do sistema, era cultivado freqüentemente e, provavelmente, por essa razão, o solo apresentar altas populações ( $1,6 \times 10^5$  UFC.g<sup>-1</sup>) de rizóbios capazes de infectar e induzir a formação de nódulos nas raízes das plantas. Entretanto, apesar da grande quantidade de nódulos presentes nas raízes, a maior parte destes, cerca de dois terços do total para ambas as variedades, correspondiam a nódulos pequenos (< 2,00 mm) considerados de baixa eficiência na fixação do nitrogênio e que pouco ou nada contribuem para a nutrição nitrogenada das plantas podendo, ao contrário, significarem prejuízo para as mesmas já que estas transferem fotossintatos para sua manutenção e funcionamento, sem no entanto terem, em retorno, grandes quantidades de N fixado por nódulos com essa característica (Tabela 5). Isoi e Yoshida (1991) também verificaram que a maior parte dos nódulos encontrados nas raízes do feijoeiro eram pequenos, de tamanho inferior a 2 mm.

Considerando a massa nodular como indicadora da eficiência da FBN, os resultados das variáveis massa da matéria seca dos nódulos e massa da matéria seca média unitária dos nódulos, avaliadas nos Experimentos 1 e 2, sugerem que a variedade FT Bionobre teve maior contribuição desse processo biológico que a variedade FT Bonito, pois as médias dessas variáveis foram, respectivamente, 31,31% e 32,24% maiores no Experimento 1 que no Experimento 2, embora ambas as variedades tivessem praticamente o mesmo número médio de nódulos. Outro dado que indica maior contribuição da FBN para a variedade FT Bionobre foi o fato dessa ter apresentado 2,7 vezes mais nódulos grandes que a variedade FT Bonito, embora ambas tivessem praticamente o mesmo número de nódulos médios e pequenos (Tabela 5).

TABELA 5 - Médias gerais das variáveis relacionadas à nodulação avaliadas nos Experimentos 1 (feijoeiro, variedade FT Bionobre) e 2 (feijoeiro, variedade FT Bonito) considerando 64 vasos cada um desses com duas plantas, Curitiba, PR, 2001

Variável	Experimento	Variedade	Média Geral do Experimento
MMSN <sup>(1)</sup>	1	FT Bionobre	0,759 g
	2	FT Bonito	0,578 g
NTN <sup>(2)</sup>	1	FT Bionobre	1293 unidades
	2	FT Bonito	1285 unidades
MMSMUN <sup>(3)</sup>	1	FT Bionobre	0,603 mg
	2	FT Bonito	0,456 mg
NNG <sup>(4)</sup>	1	FT Bionobre	67 unidades
	2	FT Bonito	25 unidades
NNM <sup>(5)</sup>	1	FT Bionobre	334 unidades
	2	FT Bonito	372 unidades
NNP <sup>(6)</sup>	1	FT Bionobre	892 unidades
	2	FT Bonito	888 unidades

(1) Massa da Matéria Seca dos Nódulos

(2) Número Total de Nódulos

(3) Massa da Matéria Seca Média Unitária dos Nódulos

(4) Número de Nódulos Grandes ( $N \geq 3,35$  mm)

(5) Número de Nódulos Médios ( $2,00 \text{ mm} \leq N < 3,35$  mm)

(6) Número de Nódulos Pequenos ( $N < 2,00$  mm)

O *Rhizobium tropici* do inoculante rizobiano provavelmente não trouxe, em qualquer das variedades (Experimentos 1 e 2) aumento da contribuição da FBN para o feijoeiro, pois os resultados de nodulação (número, massa e tamanho de nódulos) não foram significativamente ( $F: p \leq 0,05$ ) alterados em resposta à inoculação das sementes, salvo a redução da quantidade de nódulos e da massa nodular total na variedade FT Bionobre. Porém, como a redução no número de nódulos restringiu-se aos pequenos e não houve redução na massa nodular unitária, provavelmente as estirpes (SEMIA 4077/SEMIA 4080) de rizóbio introduzidas

não tenham causado redução da quantidade de N fixada por nódulo não havendo, portanto, qualquer prejuízo à FBN pela simbiose estabelecida com os rizóbios (nativos/naturalizados) presentes no solo. Por outro lado a redução do número total de nódulos, particularmente dos pequenos, e da massa nodular total sem, no entanto, afetar a massa unitária dos nódulos, pode indicar, também, a possibilidade de aumento da eficiência individual dos nódulos no processo de fixação do nitrogênio. Entretanto se o *Rhizobium tropici* do inoculante promoveu aumento da eficiência individual dos nódulos em fixar o nitrogênio esse efeito não resultou em acréscimo da quantidade de nitrogênio total acumulada na parte aérea das plantas.

Além do *Rhizobium tropici* do inoculante rizobiano não ter sido capaz de aumentar a massa nodular (total ou unitária) e a quantidade de nitrogênio total acumulada na parte aérea das plantas de quaisquer das variedades também não aumentou o tamanho dos nódulos pois, em ambas, o número de nódulos médios e grandes considerados, respectivamente, de moderada e alta eficiência na fixação do nitrogênio, não foi significativamente ( $F: p \leq 0,05$ ) alterado pelo rizóbio introduzido (Experimentos 1 e 2). Provavelmente as elevadas populações de rizóbios de estirpes nativas (indígenas) e naturalizadas (estabelecidas) presentes no solo, tenham interagido com as estirpes (SEMIA 4077 e SEMIA 4080) de rizóbio (*Rhizobium tropici*) introduzidas pela inoculação das sementes, reduzindo sua possibilidade de colonização radicular e ocupação de sítios de infecção nodular. O baixo desempenho simbiótico do rizóbio introduzido pode ter sido, de fato, consequência das características das populações de rizóbios presentes no solo, uma vez que seu efeito no aumento da eficiência nodular e da FBN é tanto maior quanto menores forem as populações de rizóbios nativos e naturalizados capazes de promover a nodulação das plantas. Segundo Freire (1992) as características das populações de rizóbio específico existentes no solo estão entre os fatores que condicionam a resposta da simbiose, sendo os efeitos da inoculação maiores quando o rizóbio presente no solo é inespecífico ou está em baixo número.

Outro fator que pode ter influenciado no desempenho simbiótico dos rizóbios na fixação do nitrogênio, fossem esses pertencentes a estirpes nativas, naturalizadas ou introduzidas, é a disponibilidade no solo de nitrogênio mineral em formas assimiláveis ( $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ ) pelas plantas. Como o teor de matéria orgânica do solo era relativamente alto (7,3%), o nitrogênio em forma assimilável (amônio e, especialmente, nitrato) proveniente de sua mineralização, além de provavelmente suprir grande parte da demanda das plantas, pode também ter inibido o desempenho simbiótico dos rizóbios e, por conseguinte, reduzido a possibilidade de maior contribuição do processo de FBN. De modo geral a resposta da simbiose é tanto maior quanto menor for a disponibilidade de nitrogênio mineral em formas assimiláveis pelas plantas (Freire, 1992; Franco, 1995).

A inoculação do rizóbio, em ambas as variedades, de modo geral, não melhorou os indicadores de nodulação, especialmente a massa nodular e o tamanho de nódulos e, provavelmente, pouco contribuiu para o aumento da eficiência da FBN. O baixo nível de resposta ao *Rhizobium tropici* pode ser devido à ineficiência nas condições experimentais do sistema simbiótico das variedades com o rizóbio introduzido ou à ineficiência, de fato, da simbiose das variedades FT Bionobre e FT Bonito com o rizóbio introduzido. A primeira possibilidade parece ser a mais provável devido tanto a presença no solo de altas populações de rizóbios competitivos por sítios de infecção nodular quanto de razoável disponibilidade no solo de nitrogênio em formas assimiláveis pelas plantas.

O *Bacillus subtilis* em inoculação simples ou co-inoculado com o *Rhizobium tropici* não influenciou em quaisquer das variáveis referentes à nodulação avaliadas em ambas as variedades o que indica que, se por um lado seu efeito isolado ou combinado não resultou em melhoria de nodulação, por outro, provavelmente, também não ocasionou prejuízo à simbiose do rizóbio com o feijoeiro e ao processo de FBN. Portanto não foram obtidos os acréscimos de nodulação verificados em leguminosas graníferas por Araújo e Hungria (1999), Li e Alexander (1988), Turner e Backman (1991), Grimes e Mount (1984), Martins *et al.* (1996) e Halverson e Handelsman (1991) devidos à diferentes espécies de rizobactérias dos gêneros *Bacillus* e *Pseudomonas*, isoladamente ou co-inoculadas com o rizóbio. Entretanto é importante destacar que o acréscimo de nodulação nem sempre é um indicador de aumento da contribuição da FBN para a cultura.

Os resultados do efeito do *Bacillus subtilis* na nodulação do feijoeiro das variedades FT Bionobre e FT Bonito concordam com os obtidos por Lazzaretti e Bettioli (1997) que também não verificaram qualquer efeito benéfico do *Bacillus subtilis* sobre a nodulação do feijoeiro e da soja pelo rizóbio ou prejuízo dessa espécie à associação simbiótica. Jensen *et al.* (2002) também não verificaram qualquer problema de incompatibilidade entre o *Rhizobium tropici* e o *Bacillus subtilis* que fosse capaz de prejudicar a nodulação ou a fixação do nitrogênio na cultura do feijoeiro observando, pelo contrário, que a co-inoculação dessas bactérias pode ser capaz de aumentar o rendimento da cultura. Como a co-inoculação *Rhizobium tropici* - *Bacillus subtilis* não teve efeito na nodulação das variedades FT Bionobre e FT Bonito não constatou-se, portanto, evidência de que essa prática tenha interferido na colonização radicular ou na ocupação de sítios de infecção nodular pelo rizóbio introduzido.

A inexistência de diferença significativa no número total de nódulos entre os tratamentos com presença e ausência do *Bacillus subtilis*, em ambas as variedades indica que sua adição nas sementes não causou redução significativa das populações de rizóbios



capazes de induzir a formação de nódulos no feijoeiro, mesmo sendo o *Bacillus subtilis* uma espécie produtora de substâncias antibióticas capazes de comprometer a sobrevivência de outras espécies microbianas. Entretanto o *Bacillus subtilis* pode, eventualmente, ter reduzido a população das estirpes (SEMIA 4077 e SEMIA 4080) de *Rhizobium tropici* introduzidas pela inoculação das sementes, uma vez que nos tratamentos com presença de ambas (*Bacillus subtilis* + *Rhizobium tropici*) a nodulação pode também ter ocorrido em função das estirpes de rizóbios nativas e naturalizadas presentes no solo. Mesmo considerando a possibilidade de ocorrência de algum tipo de efeito antagônico do *Bacillus subtilis* sobre a sobrevivência do *Rhizobium tropici* do inoculante este, provavelmente, não foi significativo prevalecendo o efeito sinérgico pois, na variedade FT Bonito, quando co-inoculadas (Rt e Bs) promoveram, em relação à inoculação simples (Rt ou Bs), maior produção de matéria seca total das plantas contribuindo, portanto, o efeito combinado das bactérias, para o aumento do crescimento do feijoeiro da variedade FT Bonito.

O *Bacillus subtilis*, em efeito isolado, promoveu maior produção de matéria seca total do feijoeiro da variedade FT Bionobre contribuindo, portanto, para o aumento do crescimento das plantas dessa variedade. O acréscimo verificado na produção de matéria seca total das plantas pelo *Bacillus subtilis* pode ser devido à essa bactéria ter sido responsável por algum tipo de efeito biofertilizante e/ou de supressão (biocontrole) de rizobactérias deletérias ao crescimento das plantas ou outros patógenos menores (subclínicos) que poderiam estar presentes no solo e ser capazes de reduzir o crescimento das plantas sem, no entanto, causar qualquer tipo de sintoma visual perceptível. Embora o *Bacillus subtilis* tenha contribuído para o aumento do crescimento das plantas do feijoeiro da variedade FT Bionobre não foi capaz, em ambas as variedades, de melhorar as variáveis indicadoras de nodulação (Experimentos 1 e 2) ou de produção e rendimento de grãos (Experimentos 3 e 4).

Como o *Bacillus subtilis* não melhorou os indicadores de nodulação, o fato também de não ter causado redução no número de nódulos e na massa nodular sugere pelo menos duas possibilidades. Uma é a de que os rizóbios, especialmente as estirpes nativas e naturalizadas, sejam tolerantes ou razoavelmente resistentes as substâncias antibióticas produzidas pelo *Bacillus subtilis*. A outra é a de que as altas populações de rizóbios (nativos/naturalizados) presentes no solo tenham proporcionado nodulação abundante mesmo nos tratamentos com adição do *Bacillus subtilis* não sendo este capaz de comprometer, significativamente, a sobrevivência dessas bactérias a ponto de reduzir sua capacidade de promover a colonização radicular e a nodulação.

O *Bacillus subtilis*, isoladamente ou co-inoculado com o *Rhizobium tropici*, não foi capaz de aumentar qualquer variável indicadora de produção e rendimento de grãos nas variedades FT Bionobre e FT Bonito. Esses resultados contrariam os obtidos por Jensen *et al.* (2002) que verificaram que o *Bacillus subtilis*, em efeito isolado ou combinado ao *Rhizobium tropici*, promoveu aumento no rendimento da cultura do feijoeiro.

Considerando a variável denominada rendimento teórico, avaliada nos Experimentos 3 e 4, mediante a qual procurou-se estimar qual seria a resposta das plantas em termos de produtividade de grãos aos produtos químicos (fontes de Mo e Co) e biológicos (fontes de Rt e Bs) aplicados nas sementes do feijão das duas variedades, verificou-se que o molibdênio seria o único dos fatores estudados potencialmente capaz de aumentar o rendimento da cultura, se utilizada a variedade FT Bionobre. Entretanto, o resultado dessa variável evidencia apenas uma tendência, pois há de se considerar o fato dos experimentos terem sido desenvolvidos em vasos e em casa de vegetação, ou seja, em uma situação com características totalmente diferentes de uma condição de campo. Por outro lado o possível aumento do rendimento da cultura do feijoeiro da variedade FT Bionobre, em resposta à aplicação do molibdênio, é compatível com o fato deste ter possibilitado o aumento de importantes componentes de rendimento da cultura como número de vagens, número de grãos e massa de grãos (Experimento 3). Esses aumentos podem ter sido consequência deste micronutriente ter também possibilitado aumento altamente significativo ( $F: p < 0,001$ ) da quantidade de nitrogênio total acumulada na massa da matéria seca da parte aérea das plantas (Experimento 1).

Segundo Jacob Neto e Franco (1986) sementes de feijão com concentração igual ou superior  $3,5 \mu\text{g Mo.semente}^{-1}$  possuem quantidade suficiente desse elemento para que a planta, dependente da FBN, atinja acumulação máxima de N sem necessidade de adubação complementar com Mo. Considera-se, portanto, que o nível crítico de molibdênio nas sementes de feijão é de  $3,5 \mu\text{g Mo.semente}^{-1}$  o que permitiria ao feijoeiro crescer e fixar o N, mesmo em solos deficientes em Mo (Hungria *et al.*, 1997). Portanto, dificilmente podem ser obtidas respostas em termos de aumentos de produção à aplicação do Mo em sementes com concentração nessa situação. Entretanto, as sementes de variedades produzidas no Brasil apresentam normalmente baixas concentrações de Mo (Franco e Munns, 1981) e as das variedades FT Bionobre e FT Bonito, utilizadas nos quatro experimentos, não são uma exceção pois possuíam concentração bastante inferior (cerca de  $0,10 \mu\text{g Mo.semente}^{-1}$  para a variedade FT Bionobre<sup>1</sup> e cerca de  $0,02 \mu\text{g Mo.semente}^{-1}$  para a variedade FT Bonito<sup>2</sup>) ao nível crítico estabelecido podendo estas, à princípio, virem a apresentar resposta à aplicação de Mo como de fato ocorreu com a variedade FT Bionobre.

<sup>1</sup>  $0,51 \mu\text{g Mo. g}^{-1} \text{ semente}$  (=  $0,51 \text{ mg Mo.kg}^{-1} \text{ semente}$ ) x 0,2 g (valor considerado como sendo a massa média unitária da semente).

<sup>2</sup>  $0,10 \mu\text{g Mo. g}^{-1} \text{ semente}$  (=  $0,10 \text{ mg Mo.kg}^{-1} \text{ semente}$ ) x 0,2 g (valor considerado como sendo a massa média unitária da semente).

A variedade FT Bonito não mostrou resposta à aplicação do Mo embora apresentasse menor concentração de Mo na semente que a variedade FT Bionobre. Isso sugere que a variedade FT Bionobre, provavelmente, é mais exigente em Mo e/ou tem maior potencial de resposta à aplicação desse elemento.

A resposta da variedade FT Bionobre à aplicação do Mo evidencia a exigência do feijoeiro a esse micronutriente que segundo indicativos (Jacob Neto e Franco, 1989; Jacob Neto e Franco, 1996) é maior inclusive que a da soja. Segundo Jacob Neto e Franco (1996) isso pode ser devido ao fato da soja ter maior capacidade de extração do Mo do solo ou ainda esta apresentar menor necessidade interna desse elemento.

O aumento da quantidade de N total acumulado na massa da matéria seca da parte aérea, em resposta à aplicação do Mo na variedade FT Bionobre sugere que esse elemento pode ter aumentado a eficiência individual dos nódulos na fixação do nitrogênio possibilitando maior quantidade de nitrogênio fixada por unidade de nódulo. Essa situação pode, de fato, ter ocorrido, uma vez que a aplicação do Mo reduziu o número de nódulos, particularmente dos pequenos (< 2,00 mm) sem, no entanto, interferir na massa nodular unitária ou resultar em redução significativa da massa nodular total. Ruschel *et al.* (1966) também observaram que a aplicação do molibdênio no feijão reduz o número de nódulos aumentando, no entanto, a quantidade de N fixada por nódulo. Segundo Franco *et al.* (1979) plantas supridas adequadamente com molibdênio produzem menos nódulos, porém com alta fixação de nitrogênio.

A resposta altamente positiva da variedade FT Bionobre à aplicação do molibdênio pode ser devida a este elemento ter aumentado a atividade das enzimas nitrogenase e/ou redutase do nitrato, resultando em maior eficiência da fixação simbiótica do nitrogênio e/ou da assimilação do nitrogênio mineral do solo pelas plantas. Essas possibilidades são compatíveis com o fato da aplicação do molibdênio ter resultado no aumento da quantidade de N total acumulada na matéria seca da parte aérea das plantas, variável essa que considera a contribuição do nitrogênio obtido via FBN pela simbiose das plantas com os rizóbios e, também, do assimilado do solo proveniente da mineralização da matéria orgânica. Portanto, o efeito positivo do molibdênio está certamente relacionado a um melhor aproveitamento do N seja ele atmosférico (nitrogenase) ou do solo (redutase do nitrato). Pessoa *et al.* (2001) verificaram aumento significativo da atividade dessas duas enzimas no feijoeiro pela aplicação do molibdênio.

No caso da variedade FT Bionobre se o molibdênio tivesse aumentado a atividade da nitrogenase teria aumentado, também, conseqüentemente, a eficiência da simbiose e, essa situação, certamente teria ocorrido em decorrência do aumento da quantidade de N fixada por nódulo, provavelmente, em função dos rizóbios já presentes no solo (nativos e

naturalizados), pois não houve interação significativa ( $F: p \leq 0,05$ ) do molibdênio com o rizóbio introduzido nas variáveis aumentadas pela presença do molibdênio, e os rizóbios nativos e/ou naturalizados estavam presentes em todos os tratamentos. Nesse caso evidencia-se que, em determinadas situações, é provável que se tenha maior contribuição da FBN pela simbiose procurando-se, mediante aplicação do Mo, melhorar o desempenho simbiótico dos rizóbios já presentes e adaptados ao solo do que inocular novas estirpes de rizóbio e estas não serem suficientemente competitivas para garantir maior ocupação de sítios de infecção nodular. Portanto embora os rizóbios de estirpes nativas e naturalizadas sejam normalmente considerados como de baixa eficiência na fixação do nitrogênio elementos como o Mo e o Co podem contribuir para a melhoria de seu desempenho simbiótico.

A aplicação do cobalto, ao contrário do molibdênio, não resultou em qualquer acréscimo nas variáveis indicadoras de produção de grãos do feijoeiro da variedade FT Bionobre. A ausência de resposta positiva sugere que, provavelmente, o Co do solo e o existente naturalmente na semente tenham sido suficientes para atendimento satisfatório das necessidades das plantas quanto a esse elemento. Na variedade FT Bonito o cobalto reduziu o número total de nódulos e aumentou a massa de 100 grãos. Esses efeitos são certamente decorrentes da participação desse elemento na fixação simbiótica do nitrogênio pois seu envolvimento nesse processo, especialmente na síntese da cobamida e da leghemoglobina, é a única razão de sua essencialidade para leguminosas como o feijoeiro.

Assim como o cobalto o *Rhizobium tropici* também possibilitou aumento na massa de 100 grãos da variedade FT Bonito e, certamente, seu efeito favorável é, também, derivado de sua influência no processo de FBN, mais especificamente, sobre as características relacionadas à nodulação. Embora o *Rhizobium tropici* e o cobalto tenham promovido aumento da massa de 100 grãos do feijoeiro da variedade FT Bonito essa variável foi reduzida por ambos na variedade FT Bionobre.

O fato de ter-se obtido efeito positivo apenas do Mo [NTMMSPA (Experimento 1), NV, NG, MG e RT (Experimento 3)] e do Co [NNG (Experimento 1) e M100G (Experimento 4)] e não do efeito combinado Mo + Co pode ser, entre outras causas, devido à fonte de Co utilizada (sulfato de cobalto) conter também o enxofre que pode restringir a assimilação do molibdênio. Segundo Gupta e Lipsett (1981) da mesma forma que o fosfato pode favorecer a absorção de Mo o sulfato pode inibir. Por essa razão adubações com P e S podem, respectivamente, aumentar e reduzir a absorção do Mo (POTAFOS, 1996). Por outro lado o sulfato pode, também, aumentar a resposta das plantas ao Mo, corrigindo eventuais deficiências do solo em enxofre (Anderson, 1956). Além disso, o sulfato de cobalto têm sido

freqüentemente (Barbosa Filho *et al.*, 1979; Caires e Rosolem, 2000; Marcondes, 2001) utilizado como fonte de Co no tratamento de sementes de diversas espécies de leguminosas (feijão, soja, amendoim) associado, especialmente, ao molibdato de sódio ou ao molibdato de amônio, utilizados como fonte de Mo obtendo-se, muitas vezes, respostas positivas da associação Co + Mo. Corrêa *et al.* (1990) obtiveram maior produção de grãos de feijão pelo efeito combinado de Co (sulfato de cobalto) + Mo (molibdato de amônio) aplicados nas sementes. O sulfato de cobalto é também utilizado no preparo de produtos comerciais formulados à base de Co destinados à aplicação nas sementes de leguminosas sendo seu uso freqüentemente associado a produtos formulados à base de Mo.

Considerando a possibilidade de ocorrência de efeito favorável ou desfavorável do fósforo e do enxofre, respectivamente, sobre a disponibilidade de molibdênio para as plantas há de se considerar também que a maior probabilidade de efeito positivo ou negativo desses elementos na assimilação do Mo é esperada quando estes são usados em grandes doses de fosfato ou sulfato, ou seja, como macronutrientes. Portanto na dose utilizada nos experimentos com o feijoeiro das variedades FT Bionobre e FT Bonito dificilmente o enxofre do sulfato de cobalto comprometeria a possibilidade de ocorrência de resultados favoráveis da associação do Co com o Mo. De qualquer forma a mesma quantidade de Co utilizada de outra fonte, como cloreto de cobalto ou nitrato de cobalto poderia, eventualmente, ter resultado em efeito positivo da interação Co + Mo.

Embora nos quatro experimentos desenvolvidos com as variedades FT Bionobre e FT Bonito estas tenham, de modo geral, apresentado respostas diferenciadas aos produtos químicos e biológicos utilizados como fonte das bactérias (Rt, Bs) e micronutrientes (Mo, Co), as doses utilizadas desses produtos não causaram qualquer prejuízo ao desenvolvimento normal das plantas, nem tampouco resultaram em efeitos fitotóxicos. De qualquer forma é importante destacar que o comportamento das plantas em resposta à aplicação de produtos químicos e biológicos nas sementes pode ser variável dependendo de uma série de fatores que podem interagir entre si como: espécie e variedade de planta, natureza do produto, quantidade aplicada, forma de aplicação, nível de aderência e distribuição do produto nas sementes, vigor da semente, condição ambiental do local de semeadura, etc. No caso de produtos químicos como, por exemplo, os utilizados como fonte de micronutrientes, deve-se considerar, além dos fatores citados, também o produto fonte do elemento, a concentração do elemento no produto, a composição química total da semente e do solo, o teor no solo e na semente dos elementos a serem aplicados e o pH do solo. No caso de produtos biológicos como, por exemplo, os utilizados como fonte de microrganismos benéficos, há de se considerar também qual a espécie microbiana a ser utilizada, a formulação do produto e a concentração do microrganismo por unidade do produto.

## 5 CONCLUSÕES

1. O *Rhizobium tropici* não é capaz de aumentar a massa nodular, o tamanho dos nódulos e a quantidade de nitrogênio total na parte aérea do feijoeiro das variedades FT Bionobre e FT Bonito.
2. No feijoeiro da variedade FT Bionobre o *Rhizobium tropici* reduz o número total de nódulos e a massa nodular total sem interferir na massa nodular unitária.
3. O *Rhizobium tropici* aumenta a massa de 100 grãos no feijoeiro da variedade FT Bonito e a reduz na variedade FT Bionobre.
4. No feijoeiro da variedade FT Bionobre o *Bacillus subtilis* promove maior produção de matéria seca das plantas contribuindo para o aumento de seu crescimento.
5. O *Bacillus subtilis* não interfere na nodulação e na produção de grãos do feijoeiro das variedades FT Bionobre e FT Bonito.
6. No feijoeiro da variedade FT Bionobre o molibdênio aumenta a quantidade de nitrogênio total na parte aérea das plantas, o número de vagens e de grãos e a massa de grãos.
7. O molibdênio apresenta potencial para aumentar o rendimento da cultura do feijoeiro da variedade FT Bionobre.
8. No feijoeiro da variedade FT Bonito o cobalto reduz o número total de nódulos nas raízes das plantas.
9. O cobalto aumenta a massa de 100 grãos no feijoeiro da variedade FT Bonito e a reduz na variedade FT Bionobre.
10. Não há qualquer combinação entre o *Rhizobium tropici*, o *Bacillus subtilis*, o molibdênio e o cobalto adicionados nas sementes que resulte em melhoria de nodulação ou aumento da produção de grãos do feijoeiro das variedades FT Bionobre e FT Bonito.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dos experimentos realizados evidenciam a necessidade de testar o comportamento do feijoeiro quando submetido a diferentes doses de Mo e Co aplicadas nas sementes. Essas pesquisas devem considerar não só diferentes áreas e variedades mas, também, as mesmas variedades com sementes provenientes de diferentes locais de produção condição esta que influí na composição química da semente e pode promover resultados diferenciados pela variabilidade, não só nas concentrações de Mo e Co, como também, de outros elementos químicos.

Como outros elementos presentes nos produtos normalmente utilizados como fonte de Mo (molibdato de sódio e molibdato de amônio) e de Co (sulfato de cobalto e cloreto de cobalto) podem também influenciar na resposta das plantas recomenda-se que futuras pesquisas objetivem obter a resposta de uma determinada variedade de feijoeiro a doses definidas de Mo e Co provenientes de diferentes produtos fonte. Portanto, é necessário testar não só variações de doses de Mo e Co mas, também, o efeito de diferentes produtos fonte desses elementos.

É recomendável cautela na aplicação de qualquer micronutriente, seja no solo, nas sementes ou nas folhas pois pelas quantidades mínimas exigidas pelas plantas, seus níveis de deficiência e toxidez estão sempre muito próximos. Quando micronutrientes são aplicados nas sementes, o cuidado deve ser redobrado devendo ser considerados, entre outros, os seguintes fatores: tipo de micronutriente, espécie e variedade de planta, quantidade aplicada, produto fonte do micronutriente, concentração do micronutriente no produto, nível de aderência e distribuição do produto nas sementes, forma de aplicação, pH do solo e composição química da semente e do solo especialmente em relação ao elemento a ser aplicado.

A aplicação de molibdênio e cobalto é recomendável, especialmente, aos produtores de sementes de feijão. Dessa forma os produtores de feijão que as utilizassem na semeadura da cultura poderiam dispor de sementes mais ricas nesses elementos, que naturalmente garantissem maior potencial de resposta da FBN em sua lavoura, sem terem a necessidade de fazer a aplicação desses micronutrientes.

Como o *Bacillus subtilis* mostrou possuir certo potencial como fertilizante biológico promovendo maior produção de matéria seca do feijoeiro da variedade FT Bionobre contribuindo, portanto, para o aumento o crescimento das plantas sem, no entanto, ter efeito nas variáveis indicadoras de produção e rendimento de grãos, no caso de maior interesse econômico na cultura do feijoeiro, recomenda-se a realização de testes de sua aplicação especialmente em espécies de plantas cujo principal interesse é a alta produção de fitomassa, particularmente de parte aérea, e não a produção de grãos, ou seja, provavelmente o produto fonte do *Bacillus subtilis* possibilite melhor resultado e retorno econômico quando utilizado em sementes de leguminosas forrageiras e não de leguminosas graníferas. Essa recomendação é extensiva também a gramíneas forrageiras onde o *Bacillus subtilis* pode, provavelmente, da mesma forma sugerida para leguminosas forrageiras, vir a produzir resultados satisfatórios.

Embora o uso do *Bacillus subtilis* não tenha interferido na nodulação e na produção de grãos do feijoeiro das variedades FT Bionobre e FT Bonito é recomendável que o produto fonte da bactéria seja testado variando a dose e em outras variedades. Recomenda-se que seu efeito seja também avaliado em diferentes espécies de plantas, especialmente em fabáceas (leguminosas) e poáceas (gramíneas) produtoras de grão (graníferas) e forragem (forrageiras).

Os resultados de Jensen *et al.* (2002) mostraram que a co-inoculação *Bacillus subtilis* - *Rhizobium tropici* pode reduzir a severidade de doenças de raiz do feijoeiro e aumentar o rendimento da cultura. Como avaliações fitopatológicas não faziam parte dos objetivos da presente pesquisa e, além disso, não se justificavam, pois os experimentos desenvolvidos com as variedades FT Bionobre e FT Bonito apresentaram boas condições fitossanitárias, é recomendável que seja avaliado o potencial dessas bactérias, mais precisamente do *Bacillus subtilis* e de sua combinação com o *Rhizobium tropici*, em reduzir a severidade de doenças causadas nas raízes do feijoeiro por patógenos de solo, especialmente por espécies fúngicas. Nesse sentido sugere-se que seja verificado o efeito da aplicação do *Bacillus subtilis*, isolado e combinado ao *Rhizobium tropici*, em sementes contaminadas, natural ou artificialmente, com fungos causadores de doenças radiculares no feijoeiro ou em sementes que sejam semeadas em solo com potencial de inóculo suficiente para que ocorra a manifestação dessas doenças. Espera-se nessas situações que o *Bacillus subtilis* seja capaz de atuar como fungicida biológico de tal forma que pelo seu efeito isolado ou combinado ao *Rhizobium tropici* promova-se o controle dos fungos presentes nas sementes e/ou no solo ou reduza-se a incidência ou a severidade das doenças causadas pelos mesmos.



Recomenda-se a intensificação das pesquisas destinadas a avaliar a eficiência de determinadas espécies de RPCPs, especialmente as pertencentes aos gêneros *Bacillus*, *Pseudomonas* e *Streptomyces*, no controle biológico dos vários patógenos responsáveis por diferentes doenças nas plantas cultivadas. O desenvolvimento de trabalhos com esse objetivo é de fundamental importância pois o uso de microrganismos de comprovado efeito bioprotetor ou biocontrolador em oposição aos patógenos de espécies vegetais de interesse econômico pode, não somente contribuir para minimizar o impacto das doenças na agricultura como, também, constituir-se em alternativa aos produtos químicos utilizados no seu controle, especialmente os fungicidas, que além de aumentarem o custo de produção das culturas, são ineficientes em algumas situações podendo também, dependendo da natureza do produto e de seu manejo, resultar em riscos à saúde e em prejuízos ao meio ambiente. Além disso no caso específico dos fungicidas utilizados no tratamento das sementes de leguminosas muitos produtos podem comprometer a sobrevivência do rizóbio introduzido via inoculante, inibir a nodulação e prejudicar o processo de fixação simbiótica do nitrogênio. Nesse sentido no caso das leguminosas recomenda-se que a seleção de microrganismos antagonísticos aos patógenos causadores de doenças nas plantas considere sua compatibilidade com os rizóbios.

Finalmente recomenda-se a realização de maior número de pesquisas orientadas no sentido de aumentar a eficiência da fixação simbiótica do nitrogênio na cultura do feijoeiro. O uso do inoculante rizobiano nas sementes constitui-se, sem dúvida, no método mais barato e ecologicamente correto de substituição das adubações nitrogenadas ou de redução da dependência destas no processo produtivo e, dessa forma, todo esforço deve ser feito para que em futuro não muito distante possa-se fazer da inoculação do feijão uma prática tão comum, eficiente e rentável quanto é atualmente a inoculação da soja garantindo, assim, que a cultura do feijoeiro tenha melhor aproveitamento dos benefícios da FBN e torne-se independente, ou menos dependente, de adubações nitrogenadas para obtenção de maiores rendimentos. Se com o uso do inoculante rizobiano for possível substituir, ao menos parcialmente, a adubação nitrogenada (semeadura ou cobertura) ou ainda, reduzir a quantidade total de N aplicada, essa situação já representará significativa redução do custo de produção da cultura, podendo os recursos economizados serem redirecionados para investimento em outras necessidades do processo produtivo.

## REFERÊNCIAS

- 1 AMARGER, N.; MACHERET, V.; LAGUERRE, G. *Rhizobium gallicum* sp. nov. and *Rhizobium giardinii* sp. nov. from *Phaseolus vulgaris* nodules. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v.47, p.996-1006, 1997.
- 2 ANDERSON, A.J. Molybdenum as a fertilizer. **Advances in Agronomy**. V. VIII, 1956.
- 3 ANDREOLA, F. Fixação simbiótica de nitrogênio pelo feijoeiro. In: EPAGRI. **A cultura do feijão em Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 1992. p.115-136.
- 4 ARAÚJO, F.F. Co-inoculação de bactérias: *Rhizobium* e *Bacillus*. In: Hungria, M.; ARAUJO, R.S. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: CNPSO-CNPAF- EMBRAPA, 1994. p.377-381.
- 5 ARAÚJO, F.F.; HUNGRIA, M. Nodulação e rendimento de soja co-infectada com *Bacillus subtilis* e *Bradyrhizobium japonicum* / *Bradyrhizobium elkanii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.9, p.1633-1643, 1999.
- 6 ARAÚJO, F.F.; MUNHOZ, R.E.V.; HUNGRIA, M. Início da nodulação em sete cultivares de feijoeiro inoculadas com duas estirpes de *Rhizobium*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.6, p.435-443, 1996.
- 7 ARAUJO, R.S. Fixação biológica do nitrogênio em feijão. In: ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M. (Eds.). **Microorganismos de importância agrícola**. Brasília: CNPAF-CNPSO/EMBRAPA, 1994. p.91-120.
- 8 ARAUJO, R.S. Limitações para o estabelecimento de novas estirpes de *Rhizobium* no solo - Progressos nos estudos sobre competitividade nodular. In: HUNGRIA, M.; BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. (Eds.). **Microbiologia do solo: Desafios para o século XXI**. Anais do III Simpósio Brasileiro sobre Microbiologia do Solo e VI Reunião de Laboratórios para Recomendação de Estirpes de *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, IAPAR, EMBRAPA-CNPSO, 1995.
- 9 ARAUJO, R.S.; HENSON, R.A. Fixação biológica de nitrogênio In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Eds.). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.213-227.
- 10 BARBOSA FILHO, M.P.; JUNQUEIRA NETTO, A.; GUEDES, G.A.A.; REZENDE, P.M. Efeitos de idade, fósforo, molibdênio e cobalto no teor percentual de nitrogênio em diferentes partes do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência Prática**, v.3, n.2, p.107-116, 1979.

- 11 BARRADAS, C.A.; BODDEY, L.H.; HUNGRIA, M. Seleção de cultivares de feijão e estirpes de *Rhizobium* para nodulação precoce e senescência tardia dos nódulos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.169-179, 1989.
- 12 BARRADAS, C.A.; HUNGRIA, M. Seleção de estirpes de *Rhizobium* para o feijoeiro. I. Precocidade para nodulação e fixação do nitrogênio. **Turrialba**, v.39, n.2, p.33-39, 1989.
- 13 BLOEMBERG, G.V.; LUGTENBERG, B.J.J. Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria. **Plant Biology**, v.4, p.343-350, 2001.
- 14 BODDEY, L.H.; HUNGRIA, M. Seleção de estirpes de *Rhizobium* para o feijoeiro. II. Senescência tardia dos nódulos. **Turrialba**, v.40, n.1, p.33-39, 1990.
- 15 BORKERT, C.M.; YORINORI, J.T.; CORRÊA-FERREIRA, B.S. Seja o doutor da sua soja. **Informações Agronômicas**, n. 66, Arquivo do Agrônomo n.5, POTAFOS, 1994.
- 16 CAIRES, E.F.; ROSOLEM, C.A. Nodulação e absorção de nitrogênio pelo amendoim em resposta à calagem, cobalto e molibdênio. **Scientia Agricola**, n.2, p.337-341, 2000.
- 17 CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. Importância dos micronutrientes na fixação biológica do N<sub>2</sub>. **Informações agronômicas**, n.98, POTAFOS, 2002.
- 18 CASSINI, S.T.A.; FRANCO, M.C. Fixação biológica do nitrogênio. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. (Eds.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa, UFV, 1998. p.153-180.
- 19 CASTRO, A.M.C.; BOARETTO, A.E.; NAKAGAWA, J. Tratamento de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) com molibdênio, cobalto, metionina e vitamina B<sub>1</sub>. **Revista Brasileira de Sementes**, v.16 (1), p. 26-30, 1994.
- 20 CHUEIRE, L.M.O.; BANGEL, E.; FERREIRA, M.C.; GRANGE, L.; CAMPO, R.J.; MOSTASSO, F.L.; ANDRADE, D.S.; PEDROSA, F.O; HUNGRIA, M. Classificação taxonômica, baseada na caracterização molecular, das estirpes de rizóbio recomendadas para as culturas da soja e do feijoeiro. EMBRAPA Soja, **Boletim de Pesquisa** 3, Londrina, 2000.
- 21 CORREA, J.R.V.; JUNQUEIRA NETTO, A.; RESENDE, P.M.; ANDRADE, L.A.B. Efeitos de *Rhizobium*, molibdênio e cobalto sobre o feijoeiro comum cv. Carioca **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25(4), p. 513-519, 1990.
- 22 DEBOUCK, D.G.; HIDALGO, R. Morfologia de la planta de frijol comum. In: LÓPEZ, M.; FERNÁNDEZ, F.; SCHOONHOVEN, A.V. (Eds.). **Frijol: investigación y produccción**. CIAT/PNUD, 1985. p.7-60.
- 23 DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELLO, Q.A.C. Funções dos micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Eds.). **Micronutrientes na agricultura**. POTAFOS/CNPq, Piracicaba, 1991a. p.65-78.

- 24 DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELLO, Q.A.C. Mecanismos de absorção e de translocação de micronutrientes. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Eds.). **Micronutrientes na agricultura**. POTAFOS/CNPq, Piracicaba, 1991b. p.79-97.
- 25 DELWICHE, J.C.M.; REISENAUER, H.M. Influence of cobalt on nitrogen fixation by *Medicago*. **Plant Physiology**, v. 36, p.73-78, 1961.
- 26 DÖBEREINER, J. **A biologia do solo na agricultura brasileira**. Brasília: EMBRAPA-UAPNPBS, 1986.
- 27 DOURADO NETO, D. FANCELLI, A.L. **Produção de feijão**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2000.
- 28 DROZDOWICZ, A. Bactérias do solo In: In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. (Eds.). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p.19-65.
- 29 EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos – CNPS, Brasília, 1999.
- 30 EMBRAPA. **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná 2000/01**. EMBRAPA Soja, Londrina, 2000.
- 31 FAO. **Inoculantes para leguminosas y su uso**, 1985.
- 32 FERNÁNDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo de la planta de frijol. In: LÓPEZ, M.; FERNÁNDEZ, F.; SCHOONHOVEN, A.V. (Eds.). **Frijol: investigación y producción**. CIAT/PNUD, Cali, Colombia, 1985.
- 33 FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3ª ed. Maceió: EDUFAL, 2000.
- 34 FORNASIERI FILHO, D.; MALHEIROS, E.B.; VITTI, G.C.; MASSARI, C.A.; FORNASIERI, J.L. Efeitos da inoculação com *Rhizobium phaseoli* e do fornecimento do molibdênio na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. carioca 80. **Científica**, v.16(2), p.271-279, 1988.
- 35 FRANCO, A.A. & NEVES, M.C.P. Fatores limitantes à fixação biológica de nitrogênio. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo**. Campinas: SBSCS, 1992. p.219-242.
- 36 FRANCO, A.A. Nutrição nitrogenada na cultura do feijoeiro. **Informações Agronômicas**, p.4-5, 1995.
- 37 FRANCO, A.A.; DÖBEREINER, J. Especificidade hospedeira na simbiose com *Rhizobium* - feijão e influência de diferentes nutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2, p.467-474, 1967.
- 38 FRANCO, A.A.; MUNNS, D.N. Response of *Phaseolus vulgaris* L. to molybdenum under acid conditions. **Journal of Soil Science Society American**, v. 45, p.1144-1148, 1981.

- 39 FRANCO, A.A.; PEREIRA, J.C. NEYRA, C.A. Seasonal patterns of nitrate reductase and nitrogenase activities in *Phaseolus vulgaris* L. **Plant Physiology**, n.63, p.421-424, 1979.
- 40 FREIRE, J. Fixação do nitrogênio pela simbiose rizóbio/leguminosas. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo**. Campinas: SBCS, 1992. p.121-140.
- 41 FREIRE, J. **Microbiologia do solo**. Porto Alegre: UFRGS, 1975.
- 42 FREITAS, S.S. Rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCPs) In: HUNGRIA, M.; ARAUJO, R.S. (Eds.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: CNPAF/CNPSO-EMBRAPA, 1994. p.369-376.
- 43 GRASSI FILHO, H.; GOMES, E.N.; ORSI, A.C.; PIERI, J.C.; COELHO, J.C. Aplicação de molibdênio na semente de nitrogênio em cobertura na produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). **XXII Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas**. Manaus, 1996.
- 44 GRIMES, H.D.; MOUNT, M.S. Influence of *Pseudomonas putida* on nodulation of *Phaseolus vulgaris*. **Soil Biology and Biochemistry**, v.16, n.1, p.27-30, 1984.
- 45 GUPTA, U.C.; LIPSETT, J. Molybdenum in soils, plants, and animals. **Advances in Agronomy**, v. 34, 1981.
- 46 HALVERSON, L.J.; HANDELSMAN, J. Enhancement of soybean nodulation by *Bacillus cereus* UW85 in the field and in a growth chamber. **Application Environment Microbiology**, v.57, p.2767-2770, 1991.
- 47 HUNGRIA, M. Coleta de nódulos e isolamento de rizóbios. In: HUNGRIA, M.; ARAUJO, R.S. (Eds.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: CNPAF/CNPSO-EMBRAPA, 1994. p.45-61.
- 48 HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J. Interrelações da microbiologia com a fertilidade do solo. In: **FertBio 2000**. Viçosa: SBCS, 2000.
- 49 HUNGRIA, M.; ANDRADE, D.S.; CHUEIRE, L.M. de O.; PROBANZA, A.; GUTTIERREZ-MAÑERO, F.J.; MEGIAS, M. Isolation and characterization of new efficient and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brasil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.32, p.1515-1528, 2000.
- 50 HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T. Environmental factors affecting N<sub>2</sub> fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brasil. **Field Crops Research**, v.65, p.151-164, 2000.
- 51 HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; ARAUJO, R.S. Fixação biológica do nitrogênio em feijoeiro In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. (Eds.). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p.189-294.

- 52 HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; SUHET, A.R.; PERES, J.R.R. Fixação biológica do nitrogênio em soja. In: ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M. (Eds.). **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: CNPAF-CNPSO/EMBRAPA, 1994, p.9-89.
- 53 IBGE. Anuário estatístico do Brasil. v.60, Rio de Janeiro, 2000.
- 54 ISOI, T.; YOSHIDA, S. Low nitrogen fixation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) **Soil Science Plant Nutrition**, v.37, p.559-563, 1991.
- 55 JACOB NETO, J.; FRANCO, A.A. **Adubação de molibdênio em feijoeiro**. EMBRAPA-UAPNPBS, 1986 (Comunicado Técnico).
- 56 JACOB NETO, J.; FRANCO, A.A. Adubação de molibdênio em soja (*Glycine max* (L.) Merr.). **Informações Agronômicas**, n.75, POTAFOS, 1996.
- 57 JACOB NETO, J.; FRANCO, A.A. Determinação do nível crítico de Mo nos nódulos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) **Turrialba**, v.39, n.2, p.215-223, 1989.
- 58 JACOB NETO, J.; FRANCO, A.A. Adubação de molibdênio em feijoeiro. **Comunicado Técnico** Unidade de Apoio ao Programa Nacional de Pesquisa em Biologia do Solo, 4p, 1986.
- 59 JENSEN, C.E.; PERCICH, J.A.; GRAHAM, P.H. Integrated management strategies of bean root rot with *Bacillus subtilis* and *Rhizobium* in Minnesota. **Field Crops Research**, n.74, p.107-115, 2002.
- 60 JORGE, J.A. **Solo: manejo e adubação**. 2ª ed. São Paulo: Nobel, 1988.
- 61 JUNQUEIRA NETTO, A.; SANTOS, O.S.; AIDAR, H. Ensaio preliminares sobre a aplicação de molibdênio e de cobalto na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) **Revista Ceres**, v.24(136), p.628-633, 1977.
- 62 LANTMANN, A.F.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; OLIVEIRA, M.C.N. Resposta da soja a mólíbdênio em diferentes níveis de pH do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.45-49, 1989.
- 63 LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000.
- 64 LAZZARETTI, E.; BETTIOL, W. Tratamento de sementes de arroz, trigo, feijão e soja com um produto formulado à base de células e de metabólitos de *Bacillus subtilis*. **Scientia Agricola**, v.54, n.1-2, 1997.
- 65 LI, D.M.; ALEXANDER, M.; Co-inoculation with antibiotic-producing bactéria to increase colonization and nodulation by rhizobia. **Plant and Soil**, n.108, p.211-219, 1988.
- 66 LOVATO, P.E.; PEREIRA, J.C.; VIDOR, C. Flutuação populacional de *Rhizobium phaseoli* em solos com e sem calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, p. 9-12, 1985.
- 67 LUZ, W.C. Microbiolização de sementes para o controle de doenças das plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. EMBRAPA-CNPTrigo, 1993.

- 68 LUZ, W.C. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas e bioproteção. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. EMBRAPA-CNPTrigo, 1996.
- 69 MALAVOLTA, E.; BOARETTO, A.E.; PAULINO, V.T. Micronutrientes - uma visão geral. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Eds.). **Micronutrientes na agricultura**. POTAFOS/CNPq, Piracicaba, 1991. p.1-33.
- 70 MARCONDES, J.A.P. **Nodulação e absorção de nitrogênio pela soja em resposta à aplicação de cobalto e molibdênio**. Dissertação de Mestrado. UFPR, Curitiba, 2001.
- 71 MARIANO, R.L.R.; ASSIS, S.M.P.; SILVEIRA, E.B.; GOMES, A.M.A. Mecanismos de ação de bactérias promotoras de crescimento. In: MARIANO, R.L.R (Coord.) **Manual de práticas em fitobacteriologia**. Recife, 2000a.
- 72 MARIANO, R.L.R.; SILVEIRA, E.B.; ASSIS, S.M.P.; GOMES, A.M.A. Promoção de crescimento por bactérias. In: MARIANO, R.L.R (Coord.) **Manual de práticas em fitobacteriologia**. Recife, 2000b.
- 73 MARIOT, E.J. Ecofisiologia do feijoeiro. In: IAPAR. **O feijão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989. p.25-41.
- 74 MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Academic Press Limited, EUA, 1990.
- 75 MARTÍNEZ-ROMERO, E.; SEGOVIA, E.; MERCANTE, F.M.; FRANCO, A.A.; GRAHAM, P.H.; PARDO, M.A. *Rhizobium tropici*, a novel species nodulating *Phaseolus vulgaris* L. beans and *Leucaena* sp. trees. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v.41, p.417-426, 1991.
- 76 MARTINS, A.; KIMURA, O.; BALDANI, J.I. Efeito de rizobactérias do grupo *Pseudomonas* fluorescentes na simbiose com plantas de feijão. **XIII Congresso Latino Americano de Ciência do Solo**, 1996.
- 77 MELLO, F.A.F.; SOBRINHO, M.O.C.B.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; NETTO, A.C.; KIEHL, J.C. **Fertilidade do solo**. 3ª ed. São Paulo: Nobel, 1989.
- 78 MELO, I.S. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas: descrição e potencial de uso na agricultura. In: MELO, I.S.; AZEVEDO, J.L. **Ecologia Microbiana**. EMBRAPA-CNPMA, 1998. p.87-116.
- 79 MORAES, J.F.V. Calagem e adubação. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Eds.). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.261-301.
- 80 MOREIRA, F.M.S; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002.
- 81 MORENO, M.T. Las leguminosas de grano: una visión de conjunto. In: CUBERO, J.I.; MORENO, M.T. (Cord.) **Leguminosas de grano**. Madri: Ediciones Mundi-Prensa, 1983.

- 82 NEVES, M.C.P.; RUMJANECK, N.G. Bioquímica e fisiologia da fixação de nitrogênio. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo**. Campinas: SBCS, 1992. p.141-155.
- 83 OLIVEIRA, I.P.; THUNG, M.D.T. Nutrição mineral In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Eds.). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.175-212.
- 84 PEREIRA, J.C. **Obtenção e avaliação de mutantes espontâneos de *Rhizobium phaseoli* resistentes a antibióticos e fungicidas**. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: UFRGS, 1983.
- 85 PEREIRA, P.A.A.; ARAUJO, R.S.; ROCHA, R.E.M.; STEINMETZ, S. Capacidade de genótipos de feijoeiro de fixar N<sub>2</sub> atmosférico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n.19, p.811-815, 1984.
- 86 PESSOA, A.C.S.; RIBEIRO, A.C.; CHAGAS, J.M.; CASSINI, S.T.A. Atividades de nitrogenase e redutase de nitrato e produtividade do feijoeiro "Ouro Negro" em resposta a adubação foliar com molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v.25(1), p.217-224, 2001.
- 87 POSTGATE, J. **Fixação do nitrogênio**. São Paulo: EPU, 1989.
- 88 POTAFOS. Nutri-Fatos: Informação agrônoma sobre nutrientes para as culturas. **Arquivo do agrônomo**, n.10, 1996.
- 89 RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: POTAFOS/Ceres, 1991.
- 90 ROSOLEM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. Seja o doutor do seu feijoeiro. **Arquivo do Agrônomo**, n.7, Piracicaba: POTAFOS, 1994.
- 91 RUSCHEL, A.P.; BRITTO, D.P.P.S.; DÖBEREINER, J. Fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Influência do magnésio, do boro, do molibdênio e da calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p.141-145, 1966.
- 92 SANTOS, A.B.; VIEIRA, C.; LOURES, E.G.; BRAGA, J.M.; THIEBAUT, J.T.L. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao molibdênio e ao cobalto em solos de Viçosa e Paula Candido, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v.26(143), p. 92-101, 1979.
- 93 SANTOS, O.S. Efeitos do molibdênio. **A Granja**, v. 37(404) p. 81-86, 1981.
- 94 SANTOS, O.S. Molibdênio. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Eds.). **Micronutrientes na agricultura**. POTAFOS/CNPq, Piracicaba, 1991. p.191-217.
- 95 SANTOS, O.S. Micronutrientes na cultura da soja. **Informações Agronômicas**, n.85, POTAFOS, 1999.
- 96 SCHIPPERS, A.B.; BAKKER, A.W.; BAKKER, P. A. H. M. A. Interactions of deleterious and beneficial rhizosphere microorganisms and the effect of cropping practices. **Annual Review of Phytopathology**, v.25, p.339-358, 1987.



- 97 SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F.; MEYER, M.C. MANDARINO, J. M.G.; OLIVEIRA, M.C.M. Molibdênio e cobalto na cultura da soja. EMBRAPA-CNPSO. **Circular Técnica**, 16, Londrina, 1997.
- 98 SILVA, I.P.; SILVA, J.A.A. **Métodos estatísticos aplicados à pesquisa científica: uma abordagem para profissionais da pesquisa agropecuária**. Recife: UFP, 1999.
- 99 SILVEIRA, E.B. Bactérias promotoras de crescimento de plantas e biocontrole de doenças. In: MICHEREFF, S.J.; BARROS, R. (Eds.) **Proteção de plantas na agricultura sustentável**. Recife: UFRPE, 2001.
- 100 SINGH, C.S.; SUBBA RAO, N.S. Associative effect of *Azospirillum brasilense* with *Rhizobium japonicum* on nodulation and yield of soybean (*Glycine max*). **Plant Soil**, v.53, p.387-392, 1979.
- 101 SIQUEIRA, J.O. **Biologia do solo**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993.
- 102 SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC/ESAL/FAEPE/ABEAS, 1988.
- 103 SKOT, L.; ARAUJO, R.S. Introdução de genes de *Rhizobium* In: HUNGRIA, M.; ARAUJO, R.S. (Eds.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: CNPAF/CNPSO-EMBRAPA, 1994. p.201-226.
- 104 STONE, L.F.; SARTORATO, A. **O cultivo do feijão: recomendações técnicas**. Brasília: CNPAF/EMBRAPA, 1994.
- 105 TURNER, J.T.; BACKMAN, P.A. Factors relating to peanut yield increases following *Bacillus subtilis* seed treatment. **Plant Disease**, v.75, p.346-353, 1991.
- 106 VARGAS, A.A.T.; SILVEIRA, J.S.M.; ATHAYDE, J.T.; ATHAYDE, A.; PACOVA, B.E.V. Comparação entre genótipos de feijão quanto à capacidade nodulante e à produtividade com inoculação com rizóbios e/ou adubação de N-Mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.267-272, 1991.
- 107 VIDOR, C.; KOLLING, J.; FREIRE, J.; SCHOLLES, D.; BROSE, E.; PEDROSO, M.H.T. **Fixação biológica do nitrogênio pela simbiose entre *Rhizobium* e leguminosas**. Porto Alegre: IPAGRO, 1983.
- 108 VIDOR, C.; PERES, J.R.R. Nutrição das plantas com molibdênio e cobalto. In: BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F. **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Anais. EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS, 1988. p.179-203.
- 109 VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JR, T. J.; BORÉM, A. (Eds.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa, UFV, 1998. p.123-151.
- 110 VIEIRA, C. **Cultura do feijão**. 2 ed. Viçosa: UFV, 1983.

- 111 VIEIRA, C. Leguminosas de grãos: Importância na agricultura e na alimentação humana. **Informe Agropecuário**, v.16, n.174, p.5-11, 1992.
- 112 VIEIRA, C. Micronutrientes na cultura do feijão. **Informe Agropecuário**, v.17, n.178, p.12-19, 1994.
- 113 VIEIRA, C. **O feijão e eu: memórias de um ex-aluno da ESAV**. Viçosa: UFV, 1996.
- 114 VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. (Eds.). **Feijão; aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa, UFV, 1998.
- 115 VIEIRA, J.C.; HEMP, S. Taxonomia e morfologia do feijoeiro In: EPAGRI. **A cultura do feijão em Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 1992. p.37-51.
- 116 VIEIRA, R.F.; VIEIRA, C.; VIEIRA, R.F. **Leguminosas graníferas**. UFV, Viçosa, 2001.
- 117 VIEIRA, R.F.; SALGADO, L.T.; VIEIRA, C. Rizobio, molibdênio e cobalto na cultura do feijão no Alto Paranaíba e noroeste de Minas Gerais. **Revista Ceres**, v.41(238), p. 688-694, 1994.
- 118 VIEIRA, S. **Estatística experimental**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- 119 VILA, E.P.; MIGUEL, D.L.; PEDROSO, F.L.; ANDRADE, M.J.B.; MOREIRA, F.M.S. Inoculação de rizóbio e aplicação foliar de Mo em *Phaseolus vulgaris* L. no sul de Minas Gerais. In: **Solo Suelo - XIII Congresso Latino Americano de Ciência do Solo**. Anais, São Paulo, 1996.
- 120 VILHORDO, B.W.; BURIN, M.E. GANDOLFI, V.H. Morfologia. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Eds.). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.87-123.

**ANEXOS**

ANEXO 1 - Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 1) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) x molibdênio (Mo) e destacando o efeito do Rt dentro da interação Bs x Mo (Experimento 1, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Mo	1	10,417 <sup>ns</sup>
Bs dt Mo(0)	1	8 799 <sup>ns</sup>
Bs dt Mo(1)	1	8,968 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(0) Mo(0)]	1	1,756 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(0) Mo(1)]	1	1,995 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Mo(0)]	1	0,004 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Mo(1)]	1	18,684*
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(0)]	1	0,001 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(1)]	1	0,123 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(0)]	1	1,748 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(1)]	1	0,060 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(0)]	1	8,467 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(1)]	1	6,444 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(0)]	1	0,616 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(1)]	1	0,551 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	2,786

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%

ANEXO 2 - Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 1) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) x molibdênio (Mo) e destacando o efeito do Bs dentro da interação Rt x Mo (Experimento 1, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Rt	1	4,623 <sup>ns</sup>
Mo dt Rt(0)	1	7,950 <sup>ns</sup>
Mo dt Rt(1)	1	3,044 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0)]	1	2,154 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1)]	1	24,850***
Bs dt [Rt(1) Mo(0)]	1	7,439 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1)]	1	0,563 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(0)]	1	0,001 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(1)]	1	0,123 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(0)]	1	1,748 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(1)]	1	0,060 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(0)]	1	8,467 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(1)]	1	6,444 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(0)]	1	0,616 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(1)]	1	0,551 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	2,786

- <sup>(1)</sup> Rt = *Rhizobium tropici*  
Bs = *Bacillus subtilis*  
Mo = Molibdênio  
Co = Cobalto  
0 = Ausência do Fator  
1 = Presença do Fator

- <sup>(2)</sup> ns = F não significativo  
\* = F significativo a 5%  
\*\* = F significativo a 1%  
\*\*\* = F significativo a 0,1%

ANEXO 3 - Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 1) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) x molibdênio (Mo) e destacando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Bs (Experimento 1, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Bs	1	17,766*
Rt dt Bs(0)	1	0,004 <sup>ns</sup>
Rt dt Bs(1)	1	9,625 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0)]	1	0,055 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1)]	1	14,081*
Mo dt [Rt(1) Bs(0)]	1	8,836 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1)]	1	0,255 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(0)]	1	0,001 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(1)]	1	0,123 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(0)]	1	1,748 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(1)]	1	0,060 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(0)]	1	8,467 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(1)]	1	6,444 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(0)]	1	0,616 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(1)]	1	0,551 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	2,786

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%

ANEXO 4 - Desdobramento da análise de variância da variável número total de nódulos do feijoeiro, variedade, FT Bionobre, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 1) molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Mo dentro do Co (Experimento 1, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Co	1	74939,063 <sup>ns</sup>
Mo dt Co(0)	1	38990,281 <sup>ns</sup>
Mo dt Co(1)	1	1157861,531 <sup>**</sup>
Rt dt [Mo(0) Co(0)]	1	924482,250 <sup>**</sup>
Rt dt [Mo(0) Co(1)]	1	355812,250 <sup>ns</sup>
Rt dt [Mo(1) Co(0)]	1	3690,563 <sup>ns</sup>
Rt dt [Mo(1) Co(1)]	1	113737,563 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0) Co(0)]	1	9660,500 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0) Co(1)]	1	484128,000 <sup>*</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1) Co(0)]	1	9940,500 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1) Co(1)]	1	171698,000 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0) Co(0)]	1	17112,500 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0) Co(1)]	1	375844,500 <sup>*</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1) Co(0)]	1	22791,125 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1) Co(1)]	1	66066,125 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	94013,771

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%  
 \*\* = F significativo a 1%



ANEXO 5 - Desdobramento da análise de variância da variável número total de nódulos do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 1) molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Co dentro do Mo (Experimento 1, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Mo	1	810900,250**
Co dt Mo(0)	1	400512,500*
Co dt Mo(1)	1	60378,125 <sup>ns</sup>
Rt dt [Mo(0) Co(0)]	1	924482,250**
Rt dt [Mo(0) Co(1)]	1	355812,250 <sup>ns</sup>
Rt dt [Mo(1) Co(0)]	1	3690,563 <sup>ns</sup>
Rt dt [Mo(1) Co(1)]	1	113737,563 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0) Co(0)]	1	9660,500 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0) Co(1)]	1	484128,000*
Bs dt [Rt(0) Mo(1) Co(0)]	1	9940,500 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1) Co(1)]	1	171698,000 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0) Co(0)]	1	17112,500 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0) Co(1)]	1	375844,500*
Bs dt [Rt(1) Mo(1) Co(0)]	1	22791,125 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1) Co(1)]	1	66066,125 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	94013,771

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%  
 \*\* = F significativo a 1%



ANEXO 6 - Desdobramento da análise de variância da variável número de nódulos médios do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 1) *Rhizobium tropici* (Rt) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Rt dentro da interação Mo x Co (Experimento 1, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Co	1	756,250 <sup>ns</sup>
Mo dt Co(0)	1	3022,531 <sup>ns</sup>
Mo dt Co(1)	1	19950,031*
Rt dt [Mo(0) Co(0)]	1	10506,250 <sup>ns</sup>
Rt dt [Mo(0) Co(1)]	1	4000,563 <sup>ns</sup>
Rt dt [Mo(1) Co(0)]	1	1242,563 <sup>ns</sup>
Rt dt [Mo(1) Co(1)]	1	8100,000 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0) Co(0)]	1	2415,125 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0) Co(1)]	1	5202,000 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1) Co(0)]	1	120,125 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1) Co(1)]	1	7750,125 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0) Co(0)]	1	496,125 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0) Co(1)]	1	13366,125 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1) Co(0)]	1	612,500 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1) Co(1)]	1	2415,125 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	4821,979

- <sup>(1)</sup> Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- <sup>(2)</sup> ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%

ANEXO 7 - Desdobramento da análise de variância da variável número de nódulos médios do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 1) *Rhizobium tropici* (Rt) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Co (Experimento 1, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Rt	1	2209,000 <sup>ns</sup>
Co dt Rt(0)	1	26,281 <sup>ns</sup>
Co dt Rt(1)	1	1140,031 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Co(0)]	1	900,000 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Co(1)]	1	540,563 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Co(0)]	1	11610,063 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Co(1)]	1	31152,250*
Bs dt [Rt(0) Mo(0) Co(0)]	1	2415,125 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0) Co(1)]	1	5202,000 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1) Co(0)]	1	120,125 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1) Co(1)]	1	7750,125 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0) Co(0)]	1	496,125 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0) Co(1)]	1	13366,125 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1) Co(0)]	1	612,500 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1) Co(1)]	1	2415,125 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	4821,979

- <sup>(1)</sup> Rt = *Rhizobium tropici*  
Bs = *Bacillus subtilis*  
Mo = Molibdênio  
Co = Cobalto  
0 = Ausência do Fator  
1 = Presença do Fator

- <sup>(2)</sup> ns = F não significativo  
\* = F significativo a 5%

ANEXO 8 - Desdobramento da análise de variância da variável número de nódulos médios do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 1) *Rhizobium tropici* (Rt) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Co dentro da interação Rt x Mo (Experimento 1, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Mo	1	3721,000 <sup>ns</sup>
Rt dt Mo(0)	1	770,281 <sup>ns</sup>
Rt dt Mo(1)	1	1498,781 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Mo(0)]	1	0,063 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Mo(1)]	1	49,000 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Mo(0)]	1	27556,000*
Co dt [Rt(1) Mo(1)]	1	13983,063 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0) Co(0)]	1	2415,125 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0) Co(1)]	1	5202,000 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1) Co(0)]	1	120,125 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1) Co(1)]	1	7750,125 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0) Co(0)]	1	496,125 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0) Co(1)]	1	13366,125 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1) Co(0)]	1	612,500 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1) Co(1)]	1	2415,125 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	4821,979

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%

ANEXO 9 - Desdobramento da análise de variância da variável número de nódulos pequenos do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 1) *Rhizobium tropici* (Rt) x molibdênio (Mo) e destacando o efeito do Rt dentro do Mo (Experimento 1, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Mo	1	664021,266**
Rt dt Mo(0)	1	1154440,125***
Rt dt Mo(1)	1	47817,781 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0)]	1	287296,000 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1)]	1	32220,250 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0)]	1	70225,000 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1)]	1	3510,563 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(0)]	1	6903,125 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(1)]	1	33282,000 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(0)]	1	174345,125 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(1)]	1	63368,000 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(0)]	1	352800,000*
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(1)]	1	3,125 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(0)]	1	312,500 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(1)]	1	108112,500 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	74854,526

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%  
 \*\* = F significativo a 1%  
 \*\*\* = F significativo a 0,1%

ANEXO 10 - Desdobramento da análise de variância da variável número de nódulos pequenos do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 1) *Rhizobium tropici* (Rt) x molibdênio (Mo) e destacando o efeito do Mo dentro do Rt (Experimento 1, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Rt	1	836081,641**
Mo dt Rt(0)	1	1008200,000***
Mo dt Rt(1)	1	21997,531 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0)]	1	287296,000 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1)]	1	32220,250 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0)]	1	70225,000 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1)]	1	3510,563 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(0)]	1	6903,125 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(1)]	1	33282,000 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(0)]	1	174345,125 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(1)]	1	63368,000 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(0)]	1	352800,000*
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(1)]	1	3,125 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(0)]	1	312,500 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(1)]	1	108112,500 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	74854,526

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) <sup>ns</sup> = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%  
 \*\* = F significativo a 1%  
 \*\*\* = F significativo a 0,1%



ANEXO 11 - Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,01$  - Tabela 2) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) e destacando o efeito do Rt dentro do Bs (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Bs	1	21,856*
Rt dt Bs(0)	1	20,689*
Rt dt Bs(1)	1	17,449*
Mo dt [Rt(0) Bs(0)]	1	0,504 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1)]	1	0,270 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0)]	1	0,214 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1)]	1	0,273 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(0)]	1	4,515 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(1)]	1	31,960**
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(0)]	1	3,754 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(1)]	1	0,344 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(0)]	1	1,428 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(1)]	1	0,215 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(0)]	1	0,125 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(1)]	1	8,385 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	3,749

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
Bs = *Bacillus subtilis*  
Mo = Molibdênio  
Co = Cobalto  
0 = Ausência do Fator  
1 = Presença do Fator

- (2) <sup>ns</sup> = F não significativo  
\* = F significativo a 5%  
\*\* = F significativo a 1%

ANEXO 12 - Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,01$  - Tabela 2) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) e destacando o efeito do Bs dentro do Rt (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Rt	1	0,069 <sup>ns</sup>
Bs dt Rt(0)	1	1,118 <sup>ns</sup>
Bs dt Rt(1)	1	58,807***
Mo dt [Rt(0) Bs(0)]	1	0,504 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1)]	1	0,270 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0)]	1	0,214 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1)]	1	0,273 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(0)]	1	4,515 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(1)]	1	31,960**
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(0)]	1	3,754 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(1)]	1	0,344 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(0)]	1	1,428 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(1)]	1	0,215 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(0)]	1	0,125 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(1)]	1	8,385 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	3,749

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
Bs = *Bacillus subtilis*  
Mo = Molibdênio  
Co = Cobalto  
0 = Ausência do Fator  
1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
\* = F significativo a 5%  
\*\* = F significativo a 1%  
\*\*\* = F significativo a 0,1%

ANEXO 13 - Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 2) *Bacillus subtilis* (Bs) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Bs dentro do Co (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Co	1	0,139 <sup>ns</sup>
Bs dt Co(0)	1	0,259 <sup>ns</sup>
Bs dt Co(1)	1	37,238**
Rt dt [Bs(0) Co(0)]	1	42,935**
Rt dt [Bs(0) Co(1)]	1	0,014 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Co(0)]	1	8,688 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Co(1)]	1	8,762 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0) Co(0)]	1	5,136 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0) Co(1)]	1	1,593 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1) Co(0)]	1	0,095 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1) Co(1)]	1	1,087 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0) Co(0)]	1	0,480 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0) Co(1)]	1	0,002 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1) Co(0)]	1	3,976 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1) Co(1)]	1	1,575 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	3,749

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%  
 \*\* = F significativo a 1%



ANEXO 14 - Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 2) *Bacillus subtilis* (Bs) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Co dentro do Bs (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Bs	1	21,856*
Co dt Bs(0)	1	9,364 <sup>ns</sup>
Co dt Bs(1)	1	6,417 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(0) Co(0)]	1	42,935**
Rt dt [Bs(0) Co(1)]	1	0,014 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Co(0)]	1	8,688 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Co(1)]	1	8,762 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0) Co(0)]	1	5,136 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0) Co(1)]	1	1,593 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1) Co(0)]	1	0,095 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1) Co(1)]	1	1,087 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0) Co(0)]	1	0,480 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0) Co(1)]	1	0,002 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1) Co(0)]	1	3,976 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1) Co(1)]	1	1,575 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	3,749

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%  
 \*\* = F significativo a 1%

ANEXO 15 - Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da raiz do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 2) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) e destacando o efeito do Rt dentro do Bs (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Bs	1	0,278 <sup>ns</sup>
Rt dt Bs(0)	1	0,594*
Rt dt Bs(1)	1	0,099 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0)]	1	0,050 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1)]	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0)]	1	0,055 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1)]	1	0,121 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(0)]	1	0,099 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(1)]	1	0,588*
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(0)]	1	0,004 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(1)]	1	0,211 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(0)]	1	0,180 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(1)]	1	0,035 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(0)]	1	0,074 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(1)]	1	0,040 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	0,121

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
Bs = *Bacillus subtilis*  
Mo = Molibdênio  
Co = Cobalto  
0 = Ausência do Fator  
1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
\* = F significativo a 5%

ANEXO 16 - Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da raiz do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 2) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) e destacando o efeito do Bs dentro do Rt (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Rt	1	0,104 <sup>ns</sup>
Bs dt Rt(0)	1	0,029 <sup>ns</sup>
Bs dt Rt(1)	1	0,839*
Mo dt [Rt(0) Bs(0)]	1	0,050 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1)]	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0)]	1	0,055 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1)]	1	0,121 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(0)]	1	0,099 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(1)]	1	0,588*
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(0)]	1	0,004 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(1)]	1	0,211 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(0)]	1	0,180 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(1)]	1	0,035 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(0)]	1	0,074 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(1)]	1	0,040 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	0,121

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
Bs = *Bacillus subtilis*  
Mo = Molibdênio  
Co = Cobalto  
0 = Ausência do Fator  
1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
\* = F significativo a 5%

ANEXO 17 - Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da raiz do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 2) *Rhizobium tropici* (Rt) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Rt dentro da interação Mo x Co (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Co	1	0,399 <sup>ns</sup>
Mo dt Co(0)	1	0,022 <sup>ns</sup>
Mo dt Co(1)	1	0,009 <sup>ns</sup>
Rt dt [Mo(0) Co(0)]	1	0,040 <sup>ns</sup>
Rt dt [Mo(0) Co(1)]	1	0,014 <sup>ns</sup>
Rt dt [Mo(1) Co(0)]	1	0,872 <sup>**</sup>
Rt dt [Mo(1) Co(1)]	1	0,042 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0) Co(0)]	1	0,039 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0) Co(1)]	1	0,032 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1) Co(0)]	1	0,099 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1) Co(1)]	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0) Co(0)]	1	0,178 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0) Co(1)]	1	0,330 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1) Co(0)]	1	0,169 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1) Co(1)]	1	0,180 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	0,121

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%  
 \*\* = F significativo a 1%

ANEXO 18 - Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da raiz do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 2) *Rhizobium tropici* (Rt) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Co (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Rt	1	0,104 <sup>ns</sup>
Co dt Rt(0)	1	0,544*
Co dt Rt(1)	1	0,024 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Co(0)]	1	0,212 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Co(1)]	1	0,053 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Co(0)]	1	0,454 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Co(1)]	1	0,008 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0) Co(0)]	1	0,039 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0) Co(1)]	1	0,032 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1) Co(0)]	1	0,099 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1) Co(1)]	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0) Co(0)]	1	0,178 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0) Co(1)]	1	0,330 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1) Co(0)]	1	0,169 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1) Co(1)]	1	0,180 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	0,121

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%



ANEXO 19 - Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca da raiz do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 2) *Rhizobium tropici* (Rt) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Co dentro da interação Rt x Mo (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Mo	1	0,031 <sup>ns</sup>
Rt dt Mo(0)	1	0,003 <sup>ns</sup>
Rt dt Mo(1)	1	0,265 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Mo(0)]	1	0,031 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Mo(1)]	1	0,751*
Co dt [Rt(1) Mo(0)]	1	0,243 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Mo(1)]	1	0,074 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0) Co(0)]	1	0,039 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0) Co(1)]	1	0,032 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1) Co(0)]	1	0,099 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1) Co(1)]	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0) Co(0)]	1	0,178 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0) Co(1)]	1	0,330 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1) Co(0)]	1	0,169 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1) Co(1)]	1	0,180 <sup>ns</sup>
Residuo	48	0,121

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%

ANEXO 20 - Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca dos nódulos do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 2) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) x molibdênio (Mo) e destacando o efeito do Rt dentro da interação Bs x Mo [dados transformados em  $e^x$  ( $e \cong 2,71828$ )] (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Mo	1	0,080 <sup>ns</sup>
Bs dt Mo(0)	1	0,004 <sup>ns</sup>
Bs dt Mo(1)	1	0,061 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(0) Mo(0)]	1	0,122 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(0) Mo(1)]	1	0,030 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Mo(0)]	1	0,162 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Mo(1)]	1	0,005 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(0)]	1	0,278*
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(1)]	1	0,012 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(0)]	1	0,017 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(1)]	1	0,222*
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(0)]	1	0,016 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(1)]	1	0,068 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(0)]	1	0,107 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(1)]	1	0,010 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	0,046

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
Bs = *Bacillus subtilis*  
Mo = Molibdênio  
Co = Cobalto  
0 = Ausência do Fator  
1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
\* = F significativo a 5%

ANEXO 21 - Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca dos nódulos do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 2) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) x molibdênio (Mo) e destacando o efeito do Bs dentro da interação Rt x Mo [dados transformados em  $e^x$  ( $e \cong 2,71828$ )] (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Rt	1	0,006 <sup>ns</sup>
Mo dt Rt(0)	1	0,048 <sup>ns</sup>
Mo dt Rt(1)	1	0,033 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0)]	1	0,110 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1)]	1	0,088 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0)]	1	0,177 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1)]	1	0,003 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(0)]	1	0,278*
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(1)]	1	0,012 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(0)]	1	0,017 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(1)]	1	0,222*
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(0)]	1	0,016 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(1)]	1	0,068 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(0)]	1	0,107 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(1)]	1	0,010 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	0,046

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
Bs = *Bacillus subtilis*  
Mo = Molibdênio  
Co = Cobalto  
0 = Ausência do Fator  
1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
\* = F significativo a 5%



ANEXO 22 - Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca dos nódulos do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 2) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) x molibdênio (Mo) e destacando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Bs [dados transformados em  $e^x$  ( $e \cong 2,71828$ )] (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Bs	1	0,048 <sup>ns</sup>
Rt dt Bs(0)	1	0,015 <sup>ns</sup>
Rt dt Bs(1)	1	0,055 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0)]	1	0,219*
Mo dt [Rt(0) Bs(1)]	1	0,025 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0)]	1	0,003 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1)]	1	0,098 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(0)]	1	0,278*
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(1)]	1	0,012 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(0)]	1	0,017 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(1)]	1	0,222*
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(0)]	1	0,016 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(1)]	1	0,068 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(0)]	1	0,107 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(1)]	1	0,010 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	0,046

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
Bs = *Bacillus subtilis*  
Mo = Molibdênio  
Co = Cobalto  
0 = Ausência do Fator  
1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
\* = F significativo a 5%

ANEXO 23 - Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca total do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,01$  - Tabela 2) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) e destacando o efeito do Rt dentro do Bs (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Bs	1	28,282*
Rt dt Bs(0)	1	28,887*
Rt dt Bs(1)	1	21,301*
Mo dt [Rt(0) Bs(0)]	1	0,450 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1)]	1	0,192 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0)]	1	0,062 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1)]	1	1,111 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(0)]	1	7,383 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(1)]	1	41,804**
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(0)]	1	4,318 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(1)]	1	0,014 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(0)]	1	0,719 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(1)]	1	0,663 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(0)]	1	0,630 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(1)]	1	9,222 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	4,929

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%  
 \*\* = F significativo a 1%

ANEXO 24 - Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca total do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,01$  - Tabela 2) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) e destacando o efeito do Bs dentro do Rt (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Rt	1	0,288 <sup>ns</sup>
Bs dt Rt(0)	1	1,524 <sup>ns</sup>
Bs dt Rt(1)	1	76,658***
Mo dt [Rt(0) Bs(0)]	1	0,450 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1)]	1	0,192 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0)]	1	0,062 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1)]	1	1,111 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(0)]	1	7,383 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(1)]	1	41,804**
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(0)]	1	4,318 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(1)]	1	0,014 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(0)]	1	0,719 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(1)]	1	0,663 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(0)]	1	0,630 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(1)]	1	9,222 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	4,929

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
Bs = *Bacillus subtilis*  
Mo = Molibdênio  
Co = Cobalto  
0 = Ausência do Fator  
1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
\* = F significativo a 5%  
\*\* = F significativo a 1%  
\*\*\* = F significativo a 0,1%

ANEXO 25 - Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca média unitária dos nódulos do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 2) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Rt dentro da interação Bs x Co (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Bs	1	0,014 <sup>ns</sup>
Co dt Bs(0)	1	0,003 <sup>ns</sup>
Co dt Bs(1)	1	0,026*
Rt dt [Bs(0) Co(0)]	1	0,028*
Rt dt [Bs(0) Co(1)]	1	0,009 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Co(0)]	1	0,021 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Co(1)]	1	0,001 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0) Co(0)]	1	0,002 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0) Co(1)]	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1) Co(0)]	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1) Co(1)]	1	0,007 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0) Co(0)]	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0) Co(1)]	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1) Co(0)]	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1) Co(1)]	1	0,001 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	0,006

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
Bs = *Bacillus subtilis*  
Mo = Molibdênio  
Co = Cobalto  
0 = Ausência do Fator  
1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
\* = F significativo a 5%

ANEXO 26 - Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca média unitária dos nódulos do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 2) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Bs dentro da interação Rt x Co (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Co	1	0,024 <sup>ns</sup>
Rt dt Co(0)	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Rt dt Co(1)	1	0,008 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Co(0)]	1	0,018 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Co(1)]	1	0,016 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Co(0)]	1	0,032*
Bs dt [Rt(1) Co(1)]	1	0,004 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0) Co(0)]	1	0,002 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0) Co(1)]	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1) Co(0)]	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1) Co(1)]	1	0,007 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0) Co(0)]	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0) Co(1)]	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1) Co(0)]	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1) Co(1)]	1	0,001 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	0,006

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%



ANEXO 27 - Desdobramento da análise de variância da variável massa da matéria seca média unitária dos nódulos do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 2) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Co dentro da interação Rt x Bs (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Rt	1	0,003 <sup>ns</sup>
Bs dt Rt(0)	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Bs dt Rt(1)	1	0,030*
Co dt [Rt(0) Bs(0)]	1	0,008 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1)]	1	0,029*
Co dt [Rt(1) Bs(0)]	1	0,029*
Co dt [Rt(1) Bs(1)]	1	0,004 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0) Co(0)]	1	0,002 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0) Co(1)]	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1) Co(0)]	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1) Co(1)]	1	0,007 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0) Co(0)]	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0) Co(1)]	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1) Co(0)]	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1) Co(1)]	1	0,001 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	0,006

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%

ANEXO 28 - Desdobramento da análise de variância da variável nitrogênio total da massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 2) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) e destacando o efeito do Rt dentro do Bs (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Bs	1	6240,605 <sup>ns</sup>
Rt dt Bs(0)	1	7111,479 <sup>ns</sup>
Rt dt Bs(1)	1	4610,883 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0)]	1	41,280 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1)]	1	1065,859 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0)]	1	71,318 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1)]	1	1893,336 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(0)]	1	351,523 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(1)]	1	9345,508*
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(0)]	1	750,973 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(1)]	1	1,620 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(0)]	1	171,218 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(1)]	1	98,069 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(0)]	1	671,062 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(1)]	1	1215,244 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	2086,627

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
Bs = *Bacillus subtilis*  
Mo = Molibdênio  
Co = Cobalto  
0 = Ausência do Fator  
1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
\* = F significativo a 5%

ANEXO 29 - Desdobramento da análise de variância da variável nitrogênio total da massa da matéria seca da parte aérea do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 2) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) e destacando o efeito do Bs dentro do Rt (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Rt	1	134,908 <sup>ns</sup>
Bs dt Rt(0)	1	410,341 <sup>ns</sup>
Bs dt Rt(1)	1	17417,715**
Mo dt [Rt(0) Bs(0)]	1	41,280 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1)]	1	1065,859 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0)]	1	71,318 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1)]	1	1893,336 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(0)]	1	351,523 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(1)]	1	9345,508*
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(0)]	1	750,973 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(1)]	1	1,620 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(0)]	1	171,218 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(1)]	1	98,069 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(0)]	1	671,062 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(1)]	1	1215,244 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	2086,627

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
Bs = *Bacillus subtilis*  
Mo = Molibdênio  
Co = Cobalto  
0 = Ausência do Fator  
1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
\* = F significativo a 5%  
\*\* = F significativo a 1%



ANEXO 30 - Desdobramento da análise de variância da variável número de nódulos grandes do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 2) *Bacillus subtilis* (Bs) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Bs dentro do Co (dados transformados em  $\sqrt{X}$ ) (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Co	1	2,797 <sup>ns</sup>
Bs dt Co(0)	1	6,337 <sup>ns</sup>
Bs dt Co(1)	1	3,962 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(0) Co(0)]	1	0,504 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(0) Co(1)]	1	0,366 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Co(0)]	1	4,020 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Co(1)]	1	0,144 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0) Co(0)]	1	0,852 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0) Co(1)]	1	1,248 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1) Co(0)]	1	4,118 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1) Co(1)]	1	0,034 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0) Co(0)]	1	2,964 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0) Co(1)]	1	0,003 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1) Co(0)]	1	7,722 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1) Co(1)]	1	5,478 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	2,344

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo

ANEXO 31 - Desdobramento da análise de variância da variável número de nódulos grandes do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$ ; - Tabela 2) *Bacillus subtilis* (Bs) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Co dentro do Bs (dados transformados em  $\sqrt{X}$ ) (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Bs	1	0,139 <sup>ns</sup>
Co dt Bs(0)	1	11,810*
Co dt Bs(1)	1	1,148 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(0) Co(0)]	1	0,504 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(0) Co(1)]	1	0,366 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Co(0)]	1	4,020 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Co(1)]	1	0,144 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0) Co(0)]	1	0,852 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0) Co(1)]	1	1,248 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1) Co(0)]	1	4,118 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1) Co(1)]	1	0,034 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0) Co(0)]	1	2,964 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0) Co(1)]	1	0,003 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1) Co(0)]	1	7,722 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1) Co(1)]	1	5,478 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	2,344

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%

ANEXO 32 - Desdobramento da análise de variância da variável número de nódulos pequenos do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 2) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Rt dentro da interação Bs x Mo x Co (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Bs	1	19216,891 <sup>ns</sup>
Co dt Bs(0)	1	32960,281 <sup>ns</sup>
Co dt Bs(1)	1	599512,500**
Mo dt [Bs(0) Co(0)]	1	120409,000 <sup>ns</sup>
Mo dt [Bs(0) Co(1)]	1	1620,063 <sup>ns</sup>
Mo dt [Bs(1) Co(0)]	1	10712,250 <sup>ns</sup>
Mo dt [Bs(1) Co(1)]	1	182329,000 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(0) Mo(0) Co(0)]	1	42954,500 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(0) Mo(0) Co(1)]	1	120,125 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(0) Mo(1) Co(0)]	1	105340,500 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(0) Mo(1) Co(1)]	1	1860,500 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Mo(0) Co(0)]	1	42340,500 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Mo(0) Co(1)]	1	6786,125 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Mo(1) Co(0)]	1	342792,000*
Rt dt [Bs(1) Mo(1) Co(1)]	1	23005,125 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	67701,505

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%  
 \*\* = F significativo a 1%

ANEXO 33 - Descobramento da análise de variância da variável número de nódulos pequenos do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 2) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Bs dentro da interação Rt x Mo x Co (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Rt	1	2413,266 <sup>ns</sup>
Mo dt Rt(0)	1	106375,781 <sup>ns</sup>
Mo dt Rt(1)	1	104196,125 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Mo(0)]	1	95481,000 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Mo(1)]	1	253260,563*
Co dt [Rt(1) Mo(0)]	1	128522,250 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Mo(1)]	1	32761,000 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0) Co(0)]	1	37401,125 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0) Co(1)]	1	190,125 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1) Co(0)]	1	409965,125*
Bs dt [Rt(0) Mo(1) Co(1)]	1	150700,000 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0) Co(0)]	1	48205,125 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0) Co(1)]	1	11476,125 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1) Co(0)]	1	72771,125 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1) Co(1)]	1	78210,125 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	67701,505

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%

ANEXO 34 - Desdobramento da análise de variância da variável número de nódulos pequenos do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 2) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Bs x Co (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Co	1	456807,016*
Rt dt Co(0)	1	17205,125 <sup>ns</sup>
Rt dt Co(1)	1	3806,281 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Co(0)]	1	99856,000 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Co(1)]	1	80798,063 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Co(0)]	1	1260,250 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Co(1)]	1	74802,250 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0) Co(0)]	1	261364,500*
Mo dt [Rt(0) Bs(0) Co(1)]	1	1984,500 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1) Co(0)]	1	103968,000 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1) Co(1)]	1	175528,125 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0) Co(0)]	1	420,500 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0) Co(1)]	1	153,125 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1) Co(0)]	1	219784,500 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1) Co(1)]	1	34191,125 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	67701,505

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%



ANEXO 35 - Desdobramento da análise de variância da variável número de nódulos pequenos do feijoeiro, variedade FT Bonito, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 2) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Co dentro da interação Rt x Bs x Mo (Experimento 2, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Mo	1	210566,266 <sup>ns</sup>
Rt dt Mo(0)	1	1326,125 <sup>ns</sup>
Rt dt Mo(1)	1	1092,781 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0)]	1	21462,250 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1)]	1	31773,063 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0)]	1	6320,250 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1)]	1	150932,250 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(0)]	1	95048,000 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(1)]	1	25088,000 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(0)]	1	16562,000 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(1)]	1	757065,125 <sup>**</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(0)]	1	8128,125 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(1)]	1	15138,000 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(0)]	1	173755,125 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(1)]	1	17672,000 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	67701,505

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
Bs = *Bacillus subtilis*  
Mo = Molibdênio  
Co = Cobalto  
0 = Ausência do Fator  
1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
\* = F significativo a 5%  
\*\* = F significativo a 1%

ANEXO 36 - Desdobramento da análise de variância da variável número de grãos por vagem do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 3) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Rt dentro da interação Bs x Mo x Co (Experimento 3, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Bs	1	0,016 <sup>ns</sup>
Co dt Bs(0)	1	0,165 <sup>ns</sup>
Co dt Bs(1)	1	0,008 <sup>ns</sup>
Mo dt [Bs(0) Co(0)]	1	0,063 <sup>ns</sup>
Mo dt [Bs(0) Co(1)]	1	0,106 <sup>ns</sup>
Mo dt [Bs(1) Co(0)]	1	0,810*
Mo dt [Bs(1) Co(1)]	1	0,106 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(0) Mo(0) Co(0)]	1	0,151 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(0) Mo(0) Co(1)]	1	0,001 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(0) Mo(1) Co(0)]	1	0,911*
Rt dt [Bs(0) Mo(1) Co(1)]	1	1,280*
Rt dt [Bs(1) Mo(0) Co(0)]	1	0,061 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Mo(0) Co(1)]	1	0,031 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Mo(1) Co(0)]	1	0,361 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Mo(1) Co(1)]	1	0,845*
Resíduo	48	0,187

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
Bs = *Bacillus subtilis*  
Mo = Molibdênio  
Co = Cobalto  
0 = Ausência do Fator  
1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
\* = F significativo a 5%

ANEXO 37 - Desdobramento da análise de variância da variável número de grãos por vagem do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 3) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Bs dentro da interação Rt x Mo x Co (Experimento 3, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Rt	1	0,123 <sup>ns</sup>
Mo dt Rt(0)	1	0,031 <sup>ns</sup>
Mo dt Rt(1)	1	0,031 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Mo(0)]	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Mo(1)]	1	0,490 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Mo(0)]	1	0,090 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Mo(1)]	1	0,090 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0) Co(0)]	1	0,361 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0) Co(1)]	1	0,011 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1) Co(0)]	1	0,245 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1) Co(1)]	1	1,125*
Bs dt [Rt(1) Mo(0) Co(0)]	1	0,211 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0) Co(1)]	1	0,001 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1) Co(0)]	1	1,125*
Bs dt [Rt(1) Mo(1) Co(1)]	1	0,980*
Resíduo	48	0,187

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%



ANEXO 38 - Desdobramento da análise de variância da variável número de grãos por vagem do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 3) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Bs x Co (Experimento 3, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Co	1	0,123 <sup>ns</sup>
Rt dt Co(0)	1	0,245 <sup>ns</sup>
Rt dt Co(1)	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Co(0)]	1	0,601 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Co(1)]	1	0,681 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Co(0)]	1	0,180 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Co(1)]	1	0,526 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0) Co(0)]	1	0,011 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0) Co(1)]	1	0,661 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1) Co(0)]	1	0,045 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1) Co(1)]	1	0,020 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0) Co(0)]	1	0,211 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0) Co(1)]	1	0,125 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1) Co(0)]	1	1,125*
Mo dt [Rt(1) Bs(1) Co(1)]	1	0,361 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	0,187

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%

ANEXO 39 - Desdobramento da análise de variância da variável número de grãos por vagem do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 3) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Co dentro da interação Rt x Bs x Mo (Experimento 3, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Mo	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Rt dt Mo(0)	1	0,180 <sup>ns</sup>
Rt dt Mo(1)	1	0,005 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0)]	1	0,122 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1)]	1	0,160 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0)]	1	0,122 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1)]	1	0,003 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(0)]	1	0,125 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(1)]	1	1,620 <sup>**</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(0)]	1	0,125 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(1)]	1	0,080 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(0)]	1	<0,001 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(1)]	1	0,661 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(0)]	1	0,180 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(1)]	1	1,531 <sup>**</sup>
Resíduo	48	0,187

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%  
 \*\* = F significativo a 1%

ANEXO 40 - Desdobramento da análise de variância da variável massa de 100 grãos do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 3) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Rt dentro da interação Bs x Mo x Co (Experimento 3, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Bs	1	0,028 <sup>ns</sup>
Co dt Bs(0)	1	0,508 <sup>ns</sup>
Co dt Bs(1)	1	0,195 <sup>ns</sup>
Mo dt [Bs(0) Co(0)]	1	0,143 <sup>ns</sup>
Mo dt [Bs(0) Co(1)]	1	0,922 <sup>ns</sup>
Mo dt [Bs(1) Co(0)]	1	0,114 <sup>ns</sup>
Mo dt [Bs(1) Co(1)]	1	0,150 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(0) Mo(0) Co(0)]	1	6,808*
Rt dt [Bs(0) Mo(0) Co(1)]	1	2,928 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(0) Mo(1) Co(0)]	1	0,249 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(0) Mo(1) Co(1)]	1	6,808*
Rt dt [Bs(1) Mo(0) Co(0)]	1	2,184 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Mo(0) Co(1)]	1	4,898 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Mo(1) Co(0)]	1	0,235 <sup>ns</sup>
Rt dt [Bs(1) Mo(1) Co(1)]	1	4,425 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	1,530

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
Bs = *Bacillus subtilis*  
Mo = Molibdênio  
Co = Cobalto  
0 = Ausência do Fator  
1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
\* = F significativo a 5%

ANEXO 41 - Desdobramento da análise de variância da variável massa de 100 grãos do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 3) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Bs dentro da interação Rt x Mo x Co (Experimento 3, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Rt	1	0,646 <sup>ns</sup>
Mo dt Rt(0)	1	1,739 <sup>ns</sup>
Mo dt Rt(1)	1	0,114 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Mo(0)]	1	6,363*
Co dt [Rt(0) Mo(1)]	1	0,009 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Mo(0)]	1	1,108 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Mo(1)]	1	0,065 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0) Co(0)]	1	3,239 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0) Co(1)]	1	0,006 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1) Co(0)]	1	0,567 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1) Co(1)]	1	5,917 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0) Co(0)]	1	5,233 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0) Co(1)]	1	0,336 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1) Co(0)]	1	0,053 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1) Co(1)]	1	5,200 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	1,530

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
Bs = *Bacillus subtilis*  
Mo = Molibdênio  
Co = Cobalto  
0 = Ausência do Fator  
1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
\* = F significativo a 5%

ANEXO 42 - Desdobramento da análise de variância da variável massa de 100 grãos do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 3) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Mo dentro da interação Rt x Bs x Co (Experimento 3, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Co	1	0,666 <sup>ns</sup>
Rt dt Co(0)	1	0,328 <sup>ns</sup>
Rt dt Co(1)	1	2,922 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Co(0)]	1	3,258 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Co(1)]	1	2,772 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Co(0)]	1	3,168 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Co(1)]	1	4,091 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0) Co(0)]	1	0,622 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(0) Co(1)]	1	8,060*
Mo dt [Rt(0) Bs(1) Co(0)]	1	0,067 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(0) Bs(1) Co(1)]	1	0,108 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0) Co(0)]	1	1,748 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(0) Co(1)]	1	2,195 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1) Co(0)]	1	0,540 <sup>ns</sup>
Mo dt [Rt(1) Bs(1) Co(1)]	1	0,048 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	1,530

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
Bs = *Bacillus subtilis*  
Mo = Molibdênio  
Co = Cobalto  
0 = Ausência do Fator  
1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
\* = F significativo a 5%



ANEXO 43 - Desdobramento da análise de variância da variável massa de 100 grãos do feijoeiro, variedade FT Bionobre, considerando a interação significativa (F:  $p < 0,05$  - Tabela 3) *Rhizobium tropici* (Rt) x *Bacillus subtilis* (Bs) x molibdênio (Mo) x cobalto (Co) e destacando o efeito do Co dentro da interação Rt x Bs x Mo (Experimento 3, Curitiba, PR, 2001)

Fonte de Variação <sup>(1)</sup>	GL	Quadrado Médio <sup>(2)</sup>
Mo	1	0,481 <sup>ns</sup>
Rt dt Mo(0)	1	1,950 <sup>ns</sup>
Rt dt Mo(1)	1	0,068 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(0)]	1	1,482 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(0) Mo(1)]	1	5,074 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(0)]	1	4,111 <sup>ns</sup>
Bs dt [Rt(1) Mo(1)]	1	3,151 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(0)]	1	7,411*
Co dt [Rt(0) Bs(0) Mo(1)]	1	0,819 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(0)]	1	0,714 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(0) Bs(1) Mo(1)]	1	0,600 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(0)]	1	2,554 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(0) Mo(1)]	1	1,454 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(0)]	1	0,012 <sup>ns</sup>
Co dt [Rt(1) Bs(1) Mo(1)]	1	0,714 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	1,530

- (1) Rt = *Rhizobium tropici*  
 Bs = *Bacillus subtilis*  
 Mo = Molibdênio  
 Co = Cobalto  
 0 = Ausência do Fator  
 1 = Presença do Fator

- (2) ns = F não significativo  
 \* = F significativo a 5%